

Llibre d'actes

II CONGRÉS DE LA TOMATA VALENCIANA L'AUTÈNTICA

València, 30 de maig de 2024
Universitat Politècnica de València
CPI, Ed. 8E, Esc. J, 3º, Saló d'Actes Cub Roig



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



GRUPO
COOPERATIVO
CAJAMAR



agromeliana

MASSÓ
AGRO DEPARTMENT



AGROMÉTODOS

Koppert



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria d'Educació,
Universitats i Ocupació

GVANEXT



PRO-GRACE



**II CONGRÉS DE LA TOMATA VALENCIANA
L'AUTÈNTICA**

València, 30 de Maig de 2024

Universitat Politècnica de València

Editores científicos

Salvador Soler Aleixandre

María del Rosario Figàs Moreno

Jaime Prohens Tomàs

Congresos UPV
II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento doble ciego.

Editores científicos

Salvador Soler Aleixandre
María del Rosario Figàs Moreno
Jaime Prohens Tomàs

Editorial

2024 Editorial Universitat Politècnica de València
www.lalibreria.upv.es / Ref.: 6794_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-270-2

Impreso bajo demanda

DOI: <https://doi.org/10.4995/TOMAVAl2024.2024.18887>



II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica

Este libro está editado bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NonDerivatives-4.0

International license Editorial Universitat Politècnica de València

<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/TOMAVAl/TOMAVAl2024>

Entitats organitzatives

Universitat Politècnica de València
Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana
Fundación Cajamar Comunidad Valenciana

Entitats col·laboradores

Universitat Politècnica de València
Fundación Cajamar Comunidad Valenciana

Entitats patrocinadores



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



GRUPO
COOPERATIVO
CAJAMAR



AGROMÉTODOS

Koppert

Agraïments



Comité d'Inauguració

Francisco Javier Benito Goerlich

Director General de Desenvolupament Rural

Cecilia Carmen Herrero Camilleri

Concejal de Agricultura del Ayuntamiento de Valencia

Belén Picó Sirvent

Vicerectora d'Investigació de la Universitat Politècnica de València

Adrián Rodríguez Burruezo

Director de l'Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana

Salvador Soler Aleixandre

Catedràtic de la Universitat Politècnica de València

Comité Organitzador

Salvador Soler Aleixandre

Catedràtic de la Universitat Politècnica de València

Jaime Prohens Tomás

Director del Banc de Germoplasma de la Universitat Politècnica de València

Antonio Granell Richart

Professor d'Investigació de l'IBMCP, CSIC-UPV

Maria del Rosario Figás Moreno

Investigadora de l'Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana

Comité Científic

Salvador Soler Aleixandre

Catedràtic de la Universitat Politècnica de València

Antonio Granell Richart

Professor d'Investigació de l'IBMCP, CSIC-UPV

Jaime Prohens Tomás

Director del Banc de Germoplasma de la UPV

Comité de Clausura

Julio Quilis Siurana

President de l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana

Salvador Soler Aleixandre

Catedràtic de la Universitat Politècnica de València

Data i lloc del Congrés

30 de Maig de 2024 Universitat Politècnica de València
Ciutat Politècnica de la Innovació. Edifici 8E València

Programa

8:45-9:00 Inauguració del Congrés

Javier Benito Consel. *Director General de Desenvolupament Rural*

Belén Picó Sirvent. *Vicerectora d'Investigació de la Universitat Politècnica de València*

Adrián Rodríguez Burruezo. *Director de l'Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana*

Salvador Soler Aleixandre. *Catedràtic de la Universitat Politècnica de València*

9:00 - 9:15 - 1.- **Ferran Gregori Ferrer Domenech** (La Unió)

Indicadors del cultiu de la tomaca al nostre territori

9:15 – 9:30 - 2.- **Maria Rosario Figás Moreno** (COMAV, UPV)

Caracterització morfològica, agronòmica i de composició del germoplasma de la 'Tomata Valenciana'

9:30 – 9:45 - 3.- **Ramón Gabriel Rico** (COMAV, UPV)

Avaluació de la diversitat genètica del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' utilitzant el genotipat SPET i l'anàlisi bioinformàtic y saludable en tomate valenciano

9:45 – 10:00 - 4.- **Clara Pons Puig** (CSIC-UPV)

Identificació de marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana utilitzant l' Atlas de Tomata Tradicional Europea

10:00 – 10:15 - 5.- **Salvador Soler Aleixandre** (COMAV, UPV)

Desenvolupament de línies de 'Tomata Valenciana' multiresistentes a malalties fúngiques, víriques i ocasionades per nematodes

10:15 – 10:30 - 6.- **Miquel Martínez Busó** (COMAV, UPV)

Desenvolupament i selecció de porta-empelts per a la 'Tomata Valenciana'

10:30 – 11:00 ESMORÇAR

11:00 – 11:15 - 7.- **Jaime Prohens Tomás** (COMAV, UPV)

Impacte de la Reducció del Reg i de la Fertilització Nitrogenada en la 'Tomata Valenciana'

11:15 – 11:30 - 8.- **Carlos Baixauli Soria** (CENTRE D'EXPERIENCIES DE CAJAMAR A PAIPORTA)

Efecto de la introducción de plantas biocidas en un monocultivo de tomate valenciano y análisis de la técnica del injerto

11:30 – 11:45 - 9.- **Oscar Mollá** (IVIA)

Uso combinado de Trichoderma harzianum y Nesidiocoris tenuis en el cultivo de tomate

11:45 – 12:00 - 10.- **Juan Vicente Roig Mont** (KOOPERT)

Control integrado de las principales plagas en cultivo de tomate

12:00 – 12:15 - 11.- **Curro Romero Sierra** (AGROMETODOS)

Determinación de la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en muestras vegetales tratadas con Brotomax®

12:15 – 12:30 - 12.- **Alberto García** (COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ)

Control biológico de Botrytis cineria en tomate mediante Prestop®

12:30 – 12:45 - 13.- **José Miguel Sales Civera** (UMH)

Anàlisi dels costos de producció en la 'Tomata Valenciana'. Impacte positiu de la millora genètica vegetal.

12:45 – 13:00 - 14.- **Carles Escrivà González** (GENERALITAT VALENCIANA)

Aspectos para valorar en la producción de semilla de tomate variedad Valenciano.

13:00 – 13:15 - 16.- **Salvador Soler Aleixandre** (CMAV, UPV)

La marca CV de la Tomata Valenciana. L'Associació de Productors i Comercialitzadors de la 'Tomata Valenciana'

13:15 – 13:30 (Clausura)

13:30 – 16:00 DINAR

PRÒLEG

El Congrés de la Tomata Valenciana promet ser de nou un èxit en aquesta segona ocasió amb més de 12 comunicacions que seran presentades a la Universitat Politècnica de València el dia 30 de maig del present any. Així, la UPV oferirà amb aquest congrés una ocasió única de reunir els diferents actors relacionats amb el món de la 'Tomata Valenciana' al voltant dels avenços en la investigació i valorització d'aquest producte agrari tant valencià.

La investigació en la 'Tomata Valenciana' ha evolucionat en els darrers anys consolidant línies més estables amb les característiques desitjades pels agricultors i que conserven les seues propietats organolèptiques típiques i distintives. Fruit en part d'aquesta investigació ha estat haver aconseguit recentment la distinció "Marca de Qualitat de la Comunitat Valenciana" per a aquesta tomata caracteritzada per la seua típica forma apuntada, textura carnosa i característic sabor i propietats nutricionals, així com conformar una associació de la 'Tomata valenciana' encarregada de la seua protecció i disseminació. Aquesta distinció atorgada per la Generalitat València per a aquesta tomata contribuirà a consolidar aquesta varietat de tomata com un producte diferenciat. Aquest reconeixement permet oferir al productor i al consumidor assegurar millor el futur d'aquest producte de qualitat i protegir-lo d' "imitacions".

Les investigacions també han permès obtenir varietats de 'Tomata Valenciana' resistents a la major part de malalties, incloses algunes emergents com la del virus rugós de la tomata (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) i per això les activitats del centre del COMAV són crucials. El COMAV allotja a les seues instal·lacions el Banc de Germoplasma amb una excel·lent col·lecció de varietats tradicionals i espècies silvestres relacionades amb la tomata que són clau per als milloradors. I els investigadors estan fent servir aquest recursos valuosos per a incrementar la resiliència de la 'Tomata Valenciana'.

Els principals organitzadors del II Congrés de la Tomata València. L'Autèntica, els professors/investigadors del COMAV: Salvador Soler, Jaime Prohens i María Rosario Figás han jugat i segueixen jugant un paper clau en aquests desenvolupaments. Són sens dubte els millors experts coneixedors de la genètica subjacent a les característiques peculiars de la 'Tomata Valenciana'. Treballadors entusiastes i incansables, saben combinar les seues activitats docents i investigadores amb les d'interacció amb el sector productiu i la seua activitat ha estat clau per a l'establiment de la marca de qualitat i de la associació al voltant de la Tomata Valenciana'. També han aconseguit amb èxit portar la 'Tomata Valenciana' a fòrums de recerca internacionals finançats per la UE com els que

he tingut la sort de coordinar: Traditom on la 'Tomata Valenciana' es va poder analitzar i valoritzar des de la perspectiva d'una gran col·lecció de varietats tradicionals europees i Harnesstom on s'està intentant augmentar la seva resiliència davant de noves malalties emergents.

Tot això, i molt més, serà objecte de presentació i debat durant aquests dies al II Congrés de la Tomata Valenciana que espero sigui de la seua satisfacció. No tinc cap dubte que aquest és el lloc per aprendre i seguir plantejant quines són les qüestions que necessiten investigació o desenvolupaments addicionals que ens permetin seguir gaudint de la 'Tomata Valenciana'.

Antonio Granell
Professor de Recerca del CSIC
Universitat Politècnica de València

ÍNDIX

Programa.....	III
Pròleg.....	V

COMUNICACIONS

Indicadors del cultiu de la tomaca al nostre territori	1
<i>Ferran Gregori i Ferrer</i>	
Caracterització morfològica, agronòmica i de composició del germoplasma de la 'Tomata Valenciana'	15
<i>María del Rosario Figàs, Nicolás Arroyo, Cristina Casanova, Elena Soler, Miquel Martínez, Jaime Prohens i Salvador Soler</i>	
Avaluació de la diversitat genètica del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' utilitzant el genotipat SPET i l'anàlisi bioinformàtic.....	39
<i>Ramón Gabriel Rico Ferrer, Nicolás Arroyo Fernández, María del Rosario Figàs Moreno, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler Calabuig, Miquel Martínez Busó, Jaime Prohens Tomás, Santiago Vilanova Navarro i Salvador Soler Aleixandre</i>	
Identificació de marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana utilitzant l' Atlas De Tomata Tradicional Europea.....	51
<i>Clara Pons, Salvador Soler, Antonio José Monforte i Antonio Granell</i>	
Desenvolupament de línies de 'Tomata Valenciana' multiresistentes a malalties fúngiques, víriques i ocasionades per nematodes	69
<i>María del Rosario Figàs Moreno, Miquel Martínez Busó, Ramón Gabriel Rico, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler Calabuig, Jaime Prohens Tomás i Salvador Soler Aleixandre</i>	
Desenvolupament i selecció de porta-empelts per a la 'Tomata Valenciana'	79
<i>Miquel Martínez Busó, María del Rosario Figàs Moreno, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler, Jaime Prohens, Salvador Soler</i>	
Impacte de la Reducció del Reg i de la Fertilització Nitrogenada en la 'Tomaca Valenciana'	90
<i>Salvador Soler Aleixandre, Maria Rosario Figàs Moreno, Fabrizio Leteo, Gabriele Campanelli, María José Díez Niclós, Teodoro Cardi, Pasquale Tripodi i Jaime Prohens Tomás</i>	

Efecto de la introducción de plantas biocidas en un monocultivo de tomate valenciano y análisis de la técnica del injerto.....	101
<i>Carlos Baixauli, Alfonso Giner, José Mariano Aguilar y Resurrección Burguet</i>	
Uso combinado de <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Nesidiocoris tenuis</i> en el cultivo de tomate	118
<i>Oscar Mollá, Alberto Urbaneja, Beatriz Granero-García, Raúl Ortells-Fabra y Meritxell Pérez-Hedo</i>	
Control integrado de las principales plagas en cultivo de tomate.....	125
<i>Juan Vicente Roig Mont</i>	
Determinación de la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en muestras vegetales tratadas con Brotomax®	132
<i>Víctor Miguel Frías Martínez y Curro Romero Sierra</i>	
Control biológico de <i>Botrytis cineria</i> en tomate mediante Prestop®	141
<i>Benito Ortega, Alberto García, Borja Lambea y Rubén Pascual</i>	
Anàlisi dels costos de producció en la 'Tomata Valenciana'. Impacte positiu de la millora genètica vegetal.....	147
<i>José Miguel Sales Civera, María del Rosario Figás Moreno, Jaime Prohens Tomás i Salvador Soler Aleixandre</i>	
Aspectos para valorar en la producción de semilla de tomate variedad Valenciano.....	159
<i>Carles Escrivá González</i>	

Indicadors del cultiu de la tomaca al nostre territori

Indicators of the cultivation of the Tomaca to our territory

Ferran Gregori i Ferrer

La unió llauradora i ramadera (launió@launió.org), Enginyer Tècnic responsable dels sectors agrícoles de La Unió (fgregori@launió.org)

How to cite: Gregori, F. 2024. Indicadors del cultiu de la tomaca al nostre territori. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024.
<https://doi.org/10.4995/TOMAVAl2024.2024.18680>

Resum

Anàlisi de les distintes variables que han afectat i/o estan afectant al cultiu de la tomaca en l'estat espanyol, però incidint amb major profunditat en el que està passant en el País Valencià.

Amb aquesta exhaustiva anàlisi es fa un diagnòstic de la realitat de la producció de tomaca en fresc al país valencià i finalment es presenten unes propostes, des de diferents aspectes, dirigides a fer viable econòmicament el cultiu de la tomaca.

Paraules Clau: Tomaca, Superfície, Producció, Rendiment, Comerç, Viabilitat, Propostes.

Abstract

Analysis of the different variables that have affected and/or are affecting the cultivation of tomatoes in the Spanish state, but affecting more deeply what is happening in the Valencian Country.

With this comprehensive analysis, a diagnosis is made of the reality of fresh tomato production in the Valencian country and finally some proposals are presented, from different aspects, aimed at making tomato cultivation economically viable.

Keywords: Valencian Tomato, climate change, irrigation reduction, nitrogen fertilization, production, quality, soluble solids, acidity.

1. Introducció

Amb aquest informe es pretén fer una radiografia de la situació actual de la producció de tomaques al País Valencià. Es fa referència estadística de diferents variables que ens podrà donar una visió del que està passant, però sobre tot, del que ha passat en els últims anys per què cada vegada tinga menys importància en la renda dels llauradors valencians, quins factors han influït decisivament en la pèrdua de competitivitat i en conseqüència en l'abandonament del cultiu passant a ser en algunes comarques merament testimonial o per ús particular.

Les variables seleccionades, s'analitzen a tres nivells; europeu, espanyol i valencià, son: superfície cultivada, producció, rendiments, preus percebuts pels productors, consum i comerç.

Finalment, tenint en compte les variables, es presenten una sèrie de propostes que, des del punt de vista de LA UNIÓ, poden tornar a fer viable el cultiu de la tomaca al país valencià i en conseqüència revertir la tendència d'abandonament del cultiu que s'està produint en els darrers anys.

2. Superfícies cultivades de tomaca

2.1. Distribució del cultiu de la tomaca a la UE

En els últims 10 anys la superfície total de tomaca en la UE ha segut de quasi 92.000 ha de les que el 27% (24.573 ha) estan a Romania; el 21% (19.273 ha) a Itàlia. Espanya amb 18.036 ha de mitjana ocupa el tercer lloc amb el 20% de la superfície total europea (Figura 1).

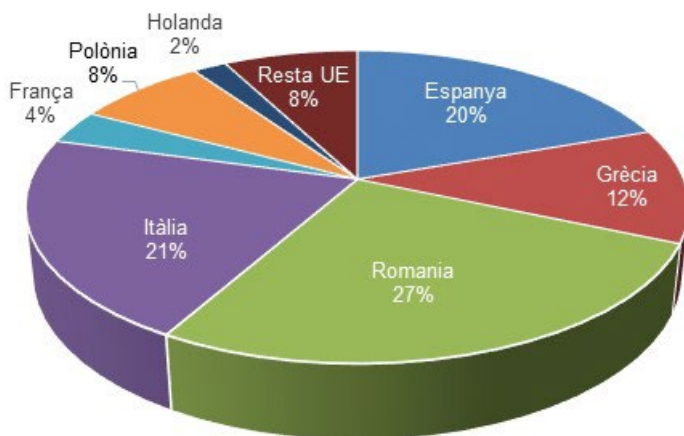


Fig. 1 Distribució del cultiu de la tomaca a la UE en 2021. Font: La Unió a partir dades EU fruit and vegetables market observatory tomato subgroup

2.2. Distribució del cultiu de la tomaca l'estat espanyol

Quasi el 80% de la superfície de tomaca de l'estat espanyol es situa en les CCAA d'Extremadura (23.421 ha) i Andalusia (21.356 ha) (Figura 2). El País Valencià amb 1.101 ha ocupa el sisè lloc amb el 2% de la superfície total de tomaques.

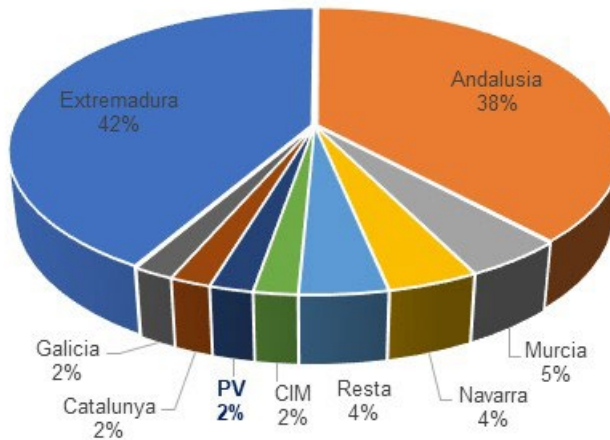


Fig. 2 Distribució del cultiu de la tomaca a l'estat espanyol en 2021. Font: La Unió a partir dades de l'anuari estadístic 2022 del MAPA

2.3. Distribució i evolució de la tomaca al País Valencià

Històricament la superfície plantada de tomaques al nostre territori ha suposat un 7% del total de sòl destinat a hortalisses. Aquest percentatge no ha sigut sempre igual, en l'últim quart del segle XX la tomaca representava un 8%, mentre que en el primer quart del segle XX, aquest percentatge ha disminuït fins el 5%.

Tabla 1. Distribució de la tomaca al PV en relació a les hortalisses.
Font: La Unió a partir dades ISAV

Període	% de sòl cultivat de tomaca respecte total hortalisses
1982-2000	8%
2001-2022	5%

La reducció de la superfície d'hortalisses ha sigut gradual al llarg dels anys. Des de principis de segle, la superfície destinada al cultiu d'hortalisses s'ha reduït en quasi 7.500 has, el que representa un descens del 24% a un ritme anual de l'1%, mentre que el del sòl dedicat a tomaques s'ha reduït en 1.037 has, que representa un descens del 56% a un ritme anual del 3%.

Es a dir, la crisi del cultiu de la tomaca al País Valencià ha sigut tres vegades superior al descens de les hortalisses.

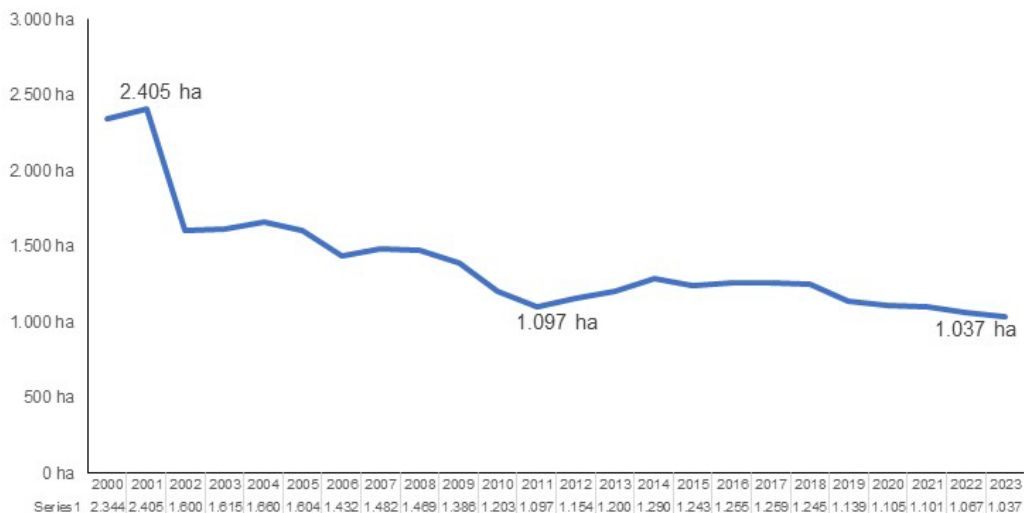


Fig. 3 Evolució de la superfície de tomaca al País Valencià. Font: La Unió a partir dades ISAV

Durant la primera part del segle XXI la reducció mitjana anual va ser del 3,5%, mentre que a partir de l'any 2011, la superfície de tomaca s'estabilitza i inclús s'incrementa.

2.4. Distribució provincial i comarcal

En 2022 al País Valencia hi havia un total de 1.067 ha plantades de tomaca, de les que el 46% (493 ha) es localitzaven a la província de Castelló, fonamentalment Plana alta, Baix maestrat i Plana Alta, el 36% a la província d'Alacant, fonamentalment a l'Alacantí i Baix Segura, i el 18% a la província de València, fonamentalment a les comarques del Camp de Túria i l'Horta.

Tabla 2. Distribució comarcal del cultiu de la tomaca en 2022. Font: La Unió a partir dades ISAV.

Comarca	Superfície	%
L'Alacantí	193 Ha	18%
La Plana Alta	143 Ha	13%
El Baix Maestrat	126 Ha	12%
La Plana Baixa	114 Ha	11%
El Camp De Túria	58 Ha	5%
Baix Segura	53 Ha	5%
Alto Palancia	45 Ha	4%
L'horta	43 Ha	4%
El Camp De Morvedre	30 Ha	3%
Vinalopó Mitjà	28 Ha	3%
Baix Vinalopó	27 Ha	3%
La Ribera Baixa	23 Ha	2%
El Comtat	22 Ha	2%
L'Alt Maestrat	22 Ha	2%
La Marina Alta	21 Ha	2%
L'Alcoià	18 Ha	2%
Alto Millares	18 Ha	2%
L'Alcalatén	15 Ha	1,41%
La Marina Baixa	13 Ha	1,22%
La Ribera Alta	13 Ha	1,22%
Alt Vinalopó	11 Ha	1,03%
Els Ports	10 Ha	0,94%
La Vall D'Albaida	8 Ha	0,75%

Al País Valencià, en els últims anys, la superfície de tomaques en hivernacle representa un 36%, quasi la mitat de la mitjana de l'estat espanyol on suposa un 60% i molt lluny de Murcia, Canàries o Andalusia on suposa el 97%, 89% i 74% respectivament

3. Producció

3.1. Producció de tomaca a la UE

L'estat espanyol, a pesar d'ocupar el tercer lloc en quant a superfícies, és el primer productor europeu de tomaques per consum en fresc, amb quasi el 30% del total produït a la UE (Figura 4).

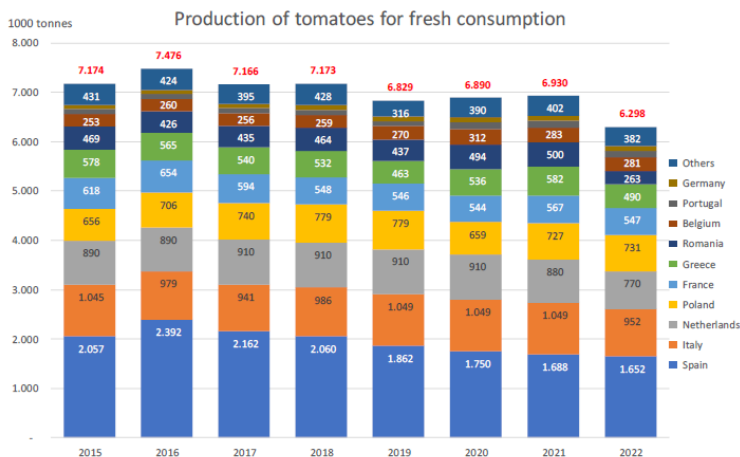


Fig. 4 Producció de tomaques per consum en fresc en la UE. Font: Eurostat

3.2. Producció de tomaca a l'estat espanyol

La producció de tomaques en fresc representa aproximadament el 43% de la producció total de l'estat espanyol, la resta està destinada a la indústria. En la producció, a més de la superfície, influeixen altres variables com les inclemències meteorològiques i les plagues o les malalties. En els últims 10 anys la producció total de tomaques a l'estat espanyol s'ha situat al voltant dels 4,5 milions de tones. 2016 i 2017 amb 5,23 i 5,16 milions de tones van ser els anys amb major producció, en sentit contrari, 2011, amb 3,8 milions de tones va ser l'any amb menys producció.

3.3. Producció de tomaques al PV

En l'últim quart del segle passat, la producció al nostre territori era d'unes 225000 t. En la primera part del segle XXI, la producció mitjana es situava al voltant de les 121000 t i en els últims 10 anys, la producció s'ha reduït fins les 72000 t.

Tabla 3. Evolució de la producció de tomaques al PV. Font: La Unió a partir dades ISAV

Període	Evolució producció de tomaca
2082-00	227.658 t
2000-10	120.915 t
2012-21	72.443 t
2022	63.029 t
2023	57.540 t

4. Rendiments

El rendiment mitjà de l'estat espanyol dels últims 10 anys es situa en 83.211 kg/ha, mentre que al País Valencià el rendiment mitjà es situa al voltant dels 60.000 kg per ha, es a dir, un 27% menys que la mitjana espanyola (Taula 4).

Tabla 4. Rendiments mitjans de les principals CCAA productores de tomaques. Font: Font: La Unió a partir dades de l'anuari estadístic 2022 del MAPA

2021	Rendiment Mitjà (Kg/ha)
Extremadura	95.070 kg/ha
Andalusia	80.168 kg/ha
Murcia	87.600 kg/ha
Navarra	78.679 kg/ha
CIM	84.335 kg/ha
PV	62.809 kg/ha
Catalunya	38.662 kg/ha
Galicia	75.852 kg/ha
Canàries	88.726 kg/ha

5. Preus percebuts pels agricultors

Els preus percebuts pels productors espanyols a penes han variat un 2% de mitjana en els últims 20 anys (Figura 5), mentre que l'IPC del mateix període de temps ha augmentat un 44%. A partir de l'any 2020 els preus s'incrementen de forma exponencial, ja que en el decenni anterior els preus havien baixat un 35%. Es a dir el poder adquisitiu dels productors de tomaca ha caigut en quasi un 40%.

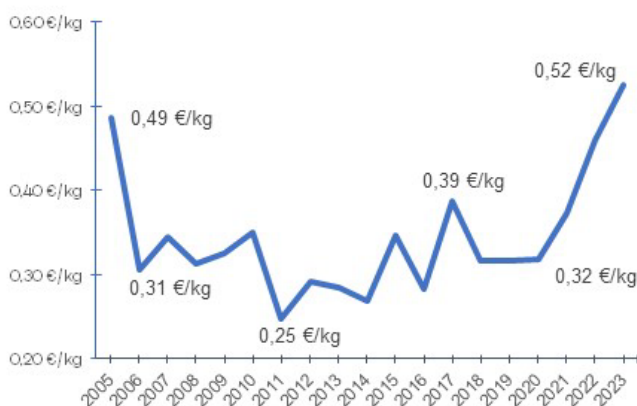


Fig. 5 Evolució del preu percebut pels productors de tomaca espanyols. Font: La Unió a partir dades de l'índex de preus agraris del MAPA

Al País Valencià, el comportament ha segut semblant encara que en valors menors.

El preu que ha rebut un productor de tomaca valenciana per a consum en fresc a penes a variat un 2% en els últims 15 anys (Figura 6), però l'IPC ha augmentat un 28%, per tant el productor valencià ha perdut un 26% del poder adquisitiu

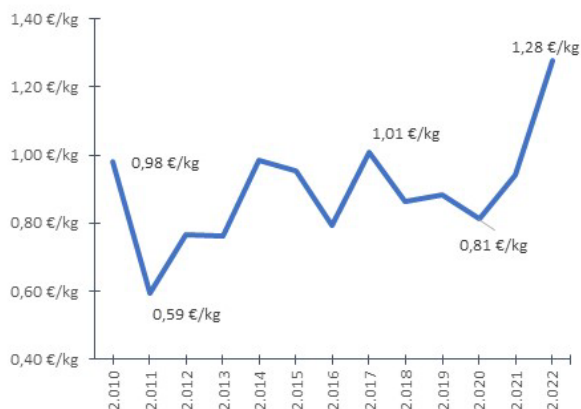


Fig. 6 Evolució del preu percebut pels productors de tomaca valenciana.

Font: La Unió a partir dades ISAV

6. Consum de tomaques en fresc

En els últims anys el consum per càpita de tomaques en fres s'ha reduït en un 20% a una mitjana anual del 7% (Figura 7). Al País Valencià el descens del consum ha sigut del 28%

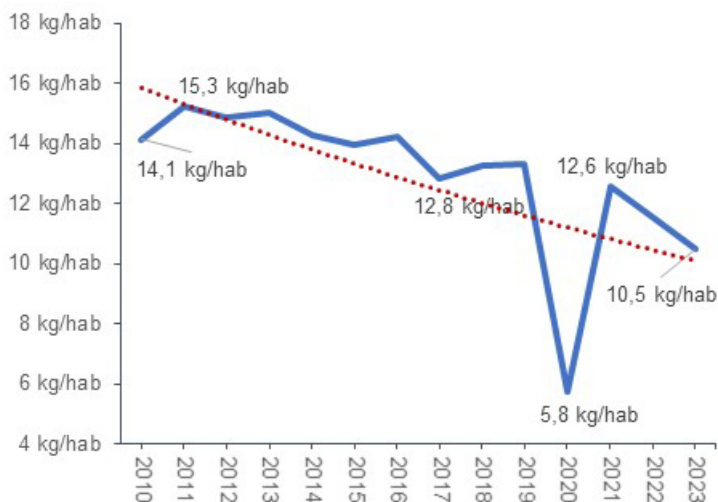


Fig. 7 Evolució del consum de la tomaca per càpita.

Font: La Unió a partir dades MAPA de consum alimentari en llars espanyoles

A la UE el consum també s’ha reduït en els últims anys un 4%, passant d’un consum mitjà de tomaques en fresc en el període 2011-2017 de 6.96 milions de tones a un consum mitjà en el període 2016-2021 de 6,70 milions de tones.

7. Comerç

7.1. Unió Europea

7.1.1. Importacions

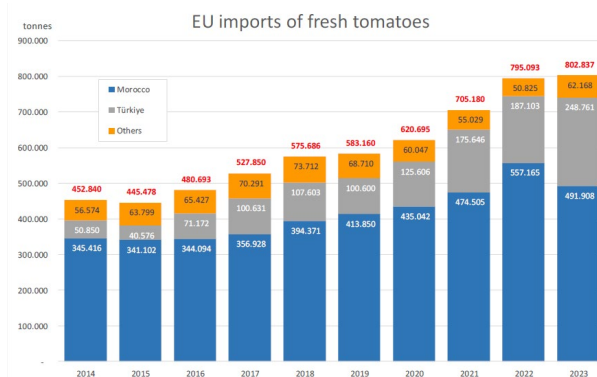


Fig. 8 Evolució de les importacions de tomaca per la UE. Font: DG AGRI Dashboard

Les importacions de tomaques per consum en fresc han anat augmentat en els últims anys un 77%, a un ritme anual del 7% (Figura 8). Marroc amb el 70% és el principal exportador de tomaques a la UE.

7.1.2. Exportacions

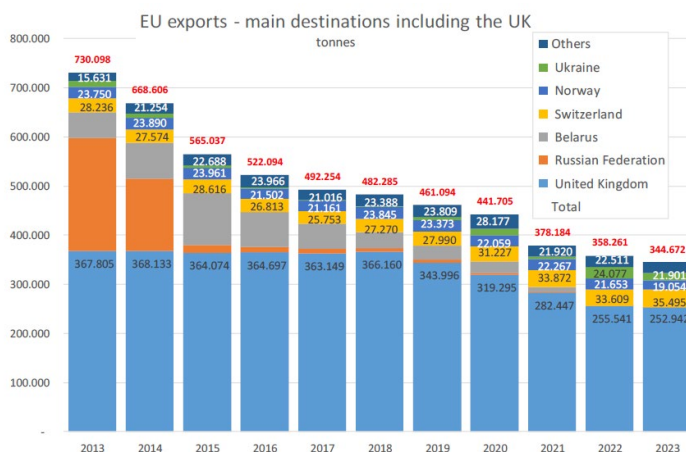


Fig. 9 Evolució de les exportacions europees de tomaca. Font: DG AGRI Dashboard

En les exportacions, al contrari de les importacions, han disminuït en els últims anys un 48% a un ritme anual del 7% (Figura 9).

7.1.3. Balanç Comercial

El balanç comercial europeu s'ha incrementat en els últims anys en un 549% a un ritme anual del 24% (Figura 10).

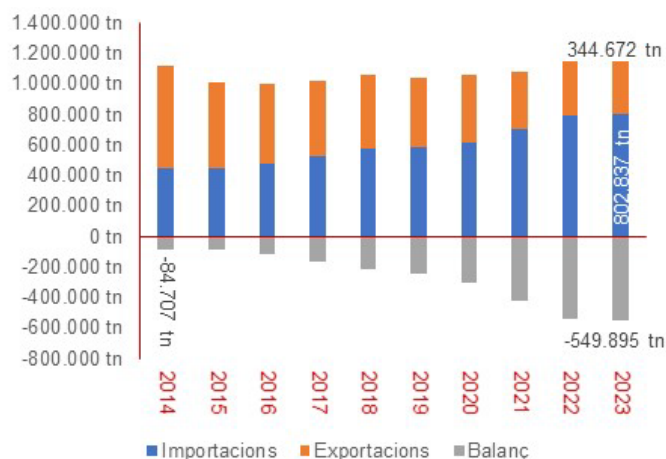


Fig. 10 Balanç Comercial europeu. Font: La Unió a partir de dades DG AGRI Dashboard

7.2. Espanya

Les importacions espanyoles de tomaques procedents del Marroc s'han incrementat des de finals del Segle XX en un 2800% a un ritme anual del 30% (Taula 5).

Tabla 5. Importacions per part d'Espanya de tomaques procedents del Marroc.
Font: Font: La Unió a partir dades Datacomex

Període	Importacions
1995-2000	2.615 t
2001-2010	17.045 t
2011 - 2020	40.300 t
2021 - 2023	76.031 t
2021-23 vs 2011-2020	89%
2021-23 vs 2001-2010	346%
2021-23 vs 1995-2000	2808%

8. El cultiu de tomaques ecològiques

A nivell de l'estat espanyol, el cultiu ecològic de tomaques representa tan sols el 4.15% i això que el ritme de creixement anual és del 11%.

La producció de tomaques ecològiques valencianes representa el 2% del total de tomaques produïdes al nostre territori i significa el 1,4% del total espanyol.

No obstant el ritme de creixement de la tomaca ecològica és del 22%, més del doble del ritme de creixement espanyol (Figura 11).



Fig. 11 Evolució de la tomaca ecològica al PV. Font: La Unió a partir de dades ISAV

9. El cultiu de tomaques a l'horta de valència

La superfície cultivada de tomaques a l'horta de valencià, tan sols, representa el 4% del total cultivat al PV, però el 31% del cultivat a la província de València.

Per comarques l'horta nord representa el 43%, València el 40%, l'horta oest el 11% i l'horta sud el 5%.

En els últims 20 anys, a pesar de alguna variació puntual, la superfície cultivada de tomaca a l'horta de València ha anat creixent una mitjana del 5%. Aquesta variació ha seguit distinta segons comarca. En l'horta nord el creixement mitjà anual ha sigut del 3%. A l'horta oest s'ha mantingut estable. El terme municipal (TM) de València ha crescut una mitjana del 4%, mentre que a l'Horta Sud s'ha anat perdent una mitjana del 21% anual (Figura 12).

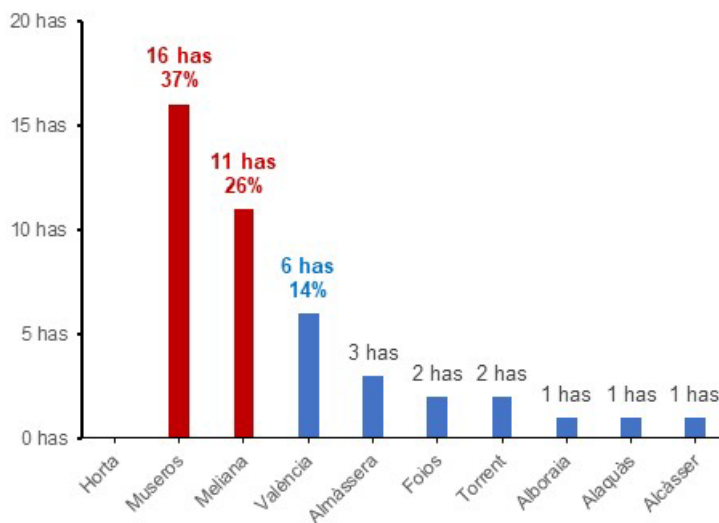


Fig. 12 Distribució del sòl destinat al cultiu de la tomaca per TTMM de l'horta.
Font: La Unió a partir de dades ISAV

10. Resum

- La tomaca cultivada al País Valencià representa el 2% del total de sòl de l'estat Espanyol
- Al nostre territori, el cultiu tomaques en hivernacle representa tan sols el 36%, molt lluny de altres CCAA com Murcia, on el cultiu en hivernacle representa el 97%
- La superfície destinada al cultiu de la tomaca s'ha reduït, en el que portem de segle, en més del 50% a un ritme anual del 3%
- En els últims 10 anys la producció de tomaques al País Valencià s'ha reduït en un 68% respecte de l'últim quart del segle XX i un 40% respecte dels primers anys del segle XXI
- El rendiment de la tomaca produïda al País Valencia està, de mitjana, al voltant dels 60.000 kg/Ha, el que suposa un 27% menys que el rendiment mitjà espanyol
- En els últims anys el preu rebut pels productors valencians s'ha incrementat un 2%, mentre que els costos han augmentat, en el mateix període de temps, un 28%. En conseqüència, el poder adquisitiu del productors de tomaques valencianes ha caigut un 26%.
- En els últims anys el consum per càpita de tomaques en fresc en les llars espanyols s'ha reduït un 20% a una mitjana anual del 7%.
- Aquesta tendència també s'observa a la UE, encara que el descens anual és menor
- Les importacions de tomaques per part de la EU han anat creixent en els últims anys a un ritme anual del 7%, mentre que les exportacions han anat descendent anualment al mateix ritme que han anat creixent les importacions.

- En conseqüència, el balanç comercial europeu negatiu ha anat creixent a un ritme anual del 24%
- El ritme de creixement anual de la tomaca a l'estat espanyol és del 11%, mentre que al País Valencià, aquest ritme és del 22%.
- Aquest major ritme es degut a que la superfície ecològica valenciana, tan sols representa el 1,4% del total espanyol

11. Conclusions

La pèrdua constant del poder adquisitiu dels productors de tomaques, tant a nivell de l'estat espanyol com del País Valencià ha tingut com a conseqüència directa l'abandonament del cultiu.

En la pèrdua de la viabilitat econòmica del cultiu han influït dos factors, per una part tenim que els costos de producció s'han incrementat de manera exponencial, mentre que el preus que reben els productors han anat disminuint paulatinament.

Des del meu punt de vista hi ha diversos factors que ens han fet arribar a aquesta situació: el descens del consum, l'increment desmesurat i sense cap tipus de control de les importacions, fonamentalment les procedents del Marroc, el descens preocupant de les exportacions, on països com Marroc o Turquia han ocupat els nostre mercats tradicionals, especialment el del Regne Unit. I en el cas del productor valencià, cal afegir el menor rendiment de les nostres explotacions, que ens està fent menys competitius front a altres zones productores.

Com a positiu, cal destacar l'augment constant del cultiu ecològic

12. Propostes

El cultiu de la tomaca ha entrat en una dinàmica preocupant, hi ha que canviar la deriva i veure si podem fer alguna cosa que revertisca el procés en el que estem instal·lats des de quasi principis de segle.

Per provocar el canvi, caldria actuar en diferents àmbits.

Aspectes generals de política comercial:

- És imprescindible que es regulen a nivell europeu les importacions procedents de països tercers, especialment Marroc i Turquia que impedisquen la competència deslleial amb els productors europeus.
- Increment tant en qualitat com en rigorositat del controls en frontera per impedir la presència de residus de MMAA prohibides en la UE.
- S'ha d'apostar decididament per una política comercial per incrementar les importacions, obrint nous mercats i recuperant aquells que no deuríem d'haver perdut mai.

Aspectes concrets:

- S'ha d'apostar, i per això és necessari els recursos públics, per la qualitat. El foment de marques de qualitat que garantisquen, no sols la qualitat organolèptica, sinó que també, la seguretat alimentaria i la traçabilitat del producte.
- S'ha d'apostar decididament pels mercats de proximitat i alternatius als grans super i hipermercats que tendeixen a una globalització del producte
- S'ha d'apostar de manera important per la promoció, entre els consumidors, de la tomaca valenciana, fent que cada vegada siga més apreciada i en conseqüència es revertisca el descens constant del consum de tomaques.
- Ha de continuar apostant-se per l'increment de la tomaca ecològica, donant-li un valor afegit que ha de repercutir en el productor.
- S'ha de modernitzar les explotacions per aconseguir un augment del rendiment per portar-lo, en el cas del País Valencià al rendiment mitjà de l'estat espanyol.



Caracterització morfològica, agronòmica i de composició del germoplasma de la 'Tomata Valenciana'

Morphological, agronomic and composition characterization of 'Tomata Valenciana' germoplasm

María del Rosario Figás, Nicolás Arroyo, Cristina Casanova, Elena Soler, Miquel Martínez, Jaime Prohens i Salvador Soler

Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, 46022 València, Espanya, mfimo@upvnet.upv.es.

How to cite: Figás, M.R.; Arroyo, N.; Casanova, C.; Soler, E.; Martínez, M.; Prohens, J. i Soler, S. 2024. Caracterització morfològica, agronòmica i de composició del germoplasma de la Tomata Valenciana. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de mayo de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18681>

Abstract

The cultivated materials of 'Tomata Valenciana' are the result of the selection carried out by Valencian farmers based on their morphological, agronomic and organoleptic qualities. The different varieties were differentiated according to the different agroclimatic conditions that occur in the Valencian Community. Thanks to this, there is a great wealth of varieties. However, it is necessary to know the variability present in the 'Tomata Valencia', by carrying out morphological, agronomic and compositional characterization work. These allow materials to be grouped according to typologies. Once established, the best materials can be selected and included in specific improvement programs. In the work presented, a collection of 50 accessions of 'Tomata Valenciana' has been characterized at a morphological, agronomic and compositional level. With the data generated, the best materials have been selected and reproduced for subsequent work.

Keywords: *Solanum lycopersicum, agronomic characterization, phenotypic characterization, fruit quality.*

Resum

Els materials cultivats de 'Tomata Valenciana' són el resultat de la selecció realitzada pels agricultors valencians basant-se en les seues qualitats morfològiques, agronòmiques i organolèptiques. Les diferents varietats es van anar diferenciant segons

les diferents condicions agroclimàtiques que es donen a la Comunitat Valenciana. Gràcies a això, hi ha una gran riquesa de varietats. Tot i això, cal conèixer la variabilitat present a la 'Tomata València', mitjançant la realització de treballs de caracterització morfològica, agronòmica i de composició. Aquests permeten agrupar els materials segons les tipologies. Un cop establertes, es pot procedir a la selecció dels millors materials i la seva inclusió en programes de millora específics. En el treball que es presenta, s'ha caracteritzat a nivell morfològic, agronòmic i de composició una col·lecció de 50 entrades de Tomata Valenciana. Amb les dades generades s'ha procedit a la selecció dels millors materials i la seva reproducció per a treballs posteriors.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum, caracterització agronòmica, caracterització fenotípica, qualitat del fruit.*

1. Introducció

La tomata va ser introduïda a Europa a principis del segle XVI (Figás et al., 2017a i López-Terrada, 2016). Així, és conegut que els estudiosos de la història natural, ja des de començaments del segle XVI van incorporar-la a les descripcions de plantes que s'estaven realitzant (López-Terrada, 2016). No obstant això, la incorporació a la dieta va ser complexa a causa de tractar-se de ser una solanàcia, família en la qual hi ha plantes verinoses com la mandràgora i la belladona. Però a partir del segle XVII i XVIII, hi ha més fonts que tracten sobre el consum de la tomata a València. Així, José Antonio Valcárcel, membre de la Reial Societat Econòmica d'Amics del País de València i el seu Regne, en la publicació d'Agricultura General en 10 volums, dedica un capítol sencer al cultiu de la tomata a l'horta valenciana, al s. XVIII (Valcárcel, 1767).

A nivell mundial es van cultivar el 2021 5.167.388 ha de tomata amb una producció de 189.133.388 tm (FAOSTAT, 2024). A nivell de l'Estat Espanyol l'any 2022, es van cultivar 45.107 ha amb una producció de 3.649.414 tm (Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació), 2023). A nivell de València (Comunitat Valenciana) tant la superfície com el volum de producció van experimentar un descens els dos primers anys del tram 2010-2020. Actualment es cultiven 1.067 ha amb un volum de producció de poc més de 63.000 tm. El territori amb més superfície de cultiu és Castelló amb 507 ha i el volum més gran de producció correspon a Alacant amb 43.125 tm (Taula 1). Això és degut fonamentalment al fet que a Castelló més del 93 % del cultiu es realitza a l'aire lliure amb un menor rendiment que l'obtingut al cultiu protegit, que a Alacant suposa el 69,5 %.

Taula 1.- Distribució de superfície de cultiu, rendiment i volum de producció de tomata per territoris a la Comunitat Valenciana (2022). Font: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2023)

Territori	Superfície (ha)			Rendiment (kg/ha)		Producció (tm)		
	Secà	Regadú		Secà	Regadiu			
		Aire lliure	Protegit		Aire lliure		Protegit	
Alacant	–	140	246	386	–	54000	120870	37294
Castelló	17	457	19	493	7385	34938	53842	17115
València	–	125	63	188	–	38720	60000	8620
Total	17	722	328	1067	7385	39289	105296	63029

1.1. Les varietats tradicionals com a producte de qualitat diferenciada

Hi ha diferents definicions de varietat tradicional. Una definició que emfatitza el seu caràcter local és: “una població dinàmica d’una planta cultivada que té un origen històric, una identitat distintiva i manca de millora formal del cultiu, a més de ser sovint genèticament diversa, adaptada localment i associada amb els sistemes agrícoles tradicionals” (Newton et al., 2011). En qualsevol cas, les varietats tradicionals es distingeixen dels cultivars moderns o d’elit, en què aquests últims han estat seleccionats pel seu elevat rendiment, així com per la introducció de resistència a malalties i plagues, cosa que els fa molt competitius. Tot i que les varietats tradicionals es caracteritzen per una adaptació al medi en el qual s’han cultivat i per presentar resistència o tolerància a plagues de la seva zona de cultiu, no presenten millora genètica per a malalties o plagues emergents. Així, el cultiu de varietats seleccionades suposa una pèrdua de l’agrodiversitat a causa de la pressió de selecció realitzada en contra de les varietats tradicionals. A més, a més, les varietats tradicionals representen un reservori genètic interessant per a futurs treballs de millora, així com per al desenvolupament de nous sistemes agrícoles i nous productes (Marone et al., 2021).

A la nostra Comunitat Valenciana hi ha una gran diversitat de varietats tradicionals de tomata, igual que per moltes altres hortalisses (Soler et al., 2016). Això és conseqüència de les diferents cultures que han passat per les nostres terres, que van crear una tradició hortícola molt abans de la introducció de la tomata des d’Amèrica. Així, romans, visigots i sobretot els àrabs van deixar àmplia empremta als nostres territoris i amb ella diferents cultius portats de les seves zones d’origen (Nuez, 2002). Moltes de les hortes existents a molts pobles i ciutats valencianes són d’origen àrab o ampliades per ells. Quan es constitueix el Regne de València al segle XIII es realitza sobre un fort substrat àrab. El nostre Regne situat entre Aragó, Castella i Catalunya es caracteritzarà per un gran dinamisme comercial al segle XIV i sobretot el XV, constituint un important nus comercial entre aquests estats (Utrilla, 2017). Així, durant els segles XVIII i XIX era comú l’expressió “bajarse al reino” entre els comerciants de Conca i Terol (Cabanes, 2017).

De fet, encara actualment utilitzen aquesta expressió pastors transhumants quan condueixen les seves ramats des de les altes terres turolenques als pasturatges de l'interior de Castelló (Castán, 1998; Utrilla, 2017). Aquestes xarxes comercials establertes des de temps ancestrals entre els diferents estats peninsulars van contribuir, una vegada es va introduir la tomata com a cultiu, a l'acumulació de diverses varietats amb diferents característiques morfològiques i agronòmiques a l'antic Regne de València. Així, en l'actualitat, tenim varietats tradicionals de tomata emblemàtiques, com són 'Valenciana', 'De Penjar', 'Mutxamel', 'Quarenteno', 'Del Pebre', 'De Conserva', 'Baladre' o 'De Pruna'.

Des de fa uns quants anys, algunes d'aquestes varietats tradicionals presenten una important projecció econòmica, amb unes característiques organolèptiques i de composició nutricional molt bones i bons preus de venda per al llaurador. És el cas de la 'Tomata Valenciana', 'De Penjar' o 'Mutxamel'. Això ha estat possible, en part, als treballs de caracterització morfològica, agronòmica i de composició nutritiva realitzats per diferents grups de recerca. D'aquesta manera s'ha pogut divulgar i informar el consumidor dels atributs de qualitat sensorial i de composició nutritiva d'aquestes varietats. En aquest sentit, és important la conservació del germoplasma associat a aquestes varietats tradicionals de tomata. En concret, al banc de germoplasma de l'Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV), de la Universitat Politècnica de València es conserva una àmplia col·lecció de varietats tradicionals de tomata de València.

1.2. Importància de la caracterització del germoplasma de les varietats tradicionals

És molt important la caracterització de les col·leccions de varietats tradicionals de tomata, per conèixer quines presenten millors atributs agronòmics i de qualitat per al seu cultiu com a varietat rendible pels agricultors valencians. En aquest procés de caracterització, és important denominar aquestes varietats. Així, moltes vegades es denomina amb diferents noms una mateixa varietat local (sinonímia) o amb un mateix nom varietats amb característiques molt semblants (homonímia). És el cas del tomata de conserva. En unes comunitats autònomes se l'anomena De Pera o Perita, com a Canàries, Múrcia, Extremadura o País Basc; “De Conserva”, com a Andalusia, Aragó, Canàries, Castella-la Manxa, Castella-Lleó, Catalunya, Balears, Múrcia o València i en altres llocs se'l pot denominar fins i tot “De Pruna”, cas de comunitats catalanoparlants com València i Balears. Un altre problema que es produeix durant la catalogació de varietats locals de tomata és que moltes vegades no corresponen els resultats de caracterització amb les dades de passaport, obtingudes durant les tasques de prospecció i recol·lecció del germoplasma. Així, en diferents treballs de caracterització i catalogació podem veure com entrades recol·lectades com a tomata tipus “Moruno” corresponen amb fruits morats o morat-rosacis, però també s'associa aquest nom a fruits amb una clara coloració vermella. Altres vegades es plantegen ambigüitats quan el nom del tipus varietal fa referència al seu origen territorial. Així, en algunes localitats de l'interior de València, es poden trobar varietats locals

anomenades pels agricultors com a “Valencià”, “Tomata Valenciana” o “Valenciana”. Quan es caracteritzen aquestes entrades, hi ha ocasions en què la descripció obtinguda no correspon amb aquest tipus varietal, caracteritzat per presentar fruits grans, carnosos i apuntats. Tot i això, l'agricultor no faltava a la veritat quan deia que la tomata que cultivava era “Valencià”. La coexistència de diferents denominacions per a un mateix tipus varietal fa necessària, sobretot per a la recuperació i promoció de les varietats locals de tomata, una rigorosa identificació i catalogació dels tipus presents a cada territori, a partir de les col·leccions de germoplasma existents. Pel que fa a això, és important la realització d'estudis sobre la diversitat que presenten les varietats locals de tomata i les seves conseqüències sobre les activitats a realitzar per a la seva conservació mitjançant el seu cultiu (García-Martínez et al., 2012; Cortes-Olmos et al., 2015; Figás, 2019).

1.3. La ‘Tomata Valenciana’

L'apel·latiu de ‘Tomata Valenciana’ s'ha fet servir en molts treballs de caracterització per nomenar qualsevol varietat originada de València. Tot i això, el tipus varietal ‘Valenciana’ engloba varietats amb característiques comunes específiques (Figás et al., 2017a; 2017b). Les plantes presenten fruits grans, carnosos i apuntats i el tipus anomenat ‘Rotllo’ (Figura 2). Els fruits presenten espatlla verda en estat immadur. Els fruits ‘Rotllo’ són fruits fasciats i deformes, que es desenvolupen irregularment a causa de la fasciació de la primera flor del primer pomell de flors de la planta. Pel que fa a la morfologia de la resta de fruits de la planta, de forma tradicional els agricultors parlen de varietats tipus ‘Blanca’ i de tipus ‘Masplet’ (Figura 2). El tipus ‘Masplet’ presenta fruits amb un major apuntament i espatlla verda de coloració més fosca. Pel que fa al tipus ‘Blanca’ presenta una forma cor de menor apuntament, una espatlla freqüentment menys marcada i un color del fruit verd més apagat o blanquinós, cosa que dona nom al tipus. El fruit madur presenta un color vermell intens. Generalment, els subtipus Masplet i Blanca presenten lòculs petits en gran nombre a l'interior del cor, cosa que dona al fruit una elevada carnositat.



Fig. 2 Foto de fruit immadur del tipus 'Masplet' (a dalt esquerra), del tipus 'Blanca' (a dalt centre) i del tipus 'Rotllo' (a dalt dreta); foto de fruit en maduresa comercial del tipus 'Masplet' (a dalt esquerra), del tipus 'Blanca' (a dalt centre) i del tipus 'Rotllo' (a dalt dreta)

La 'Tomata Valenciana', objecte del treball que es presenta, al marge de les seues característiques morfològiques indicades, és una varietat tradicional valenciana amb excepcionals característiques de qualitat organolèptica. En els darrers 15 anys, aquesta varietat tradicional ha presentat una projecció econòmica molt important, amb una producció comercialitzada anual superior al milió de quilos i un valor d'aquesta producció de més de 2 milions d'euros. Per a la valorització d'aquesta varietat, és a dir, continuar potenciant-ne el cultiu, cal posar èmfasi en l'obtenció de coneixement fonamental associat a diferents aspectes d'aquesta varietat tradicional tan genuïnament valenciana. En aquest sentit, la caracterització morfològica, agronòmica i de qualitat del germoplasma de 'Tomata Valenciana' que es conserva als bancs de germoplasma, permetrà conèixer aquest germoplasma i desenvolupar les activitats i eines més adequades per a la conservació per a les generacions d'agricultors valencians que les cultiven ara i en un futur. A més, ens permetrà realitzar la seva tipificació com a producte únic, diferenciat i de qualitat (Escribà et al., 2010). En aquest sentit, el 2019 es va crear l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana (Figura 3). Les principals finalitats d'aquesta associació són "garantir la bona conservació, ús i perduració en el temps de les varietats tradicionals de tomata valenciana", així com "establir un programa d'actuacions que permeta conservar i protegir les varietats tradicionals de la 'Tomata Valenciana'". Les activitats que s'han dut a terme en aquest treball van encaminades justament a desenvolupar la tasca de la

conservació i ús més adequat del germoplasma disponible actualment de la 'Tomata Valenciana' i s'han fet en col·laboració amb aquesta associació.



Fig 3 Foto de caixa de plàstic amb fruits de 'Tomata Valenciana' amb l'etiqueta-logo de l'Associació de Productors i Comerçants de la Tomata Valenciana (esquerra) i detall del logo (dreta)

2. Objectiu

L'objectiu principal d'aquest treball ha estat estudiar a diferents nivells el germoplasma de la 'Tomata Valenciana' conservat pel Grup de Conservació i Millora de la Tomata Valenciana que forma part de l'Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV) de la UPV. Així s'ha utilitzat una col·lecció de 50 entrades de 'Tomata Valenciana'. Amb aquesta col·lecció se n'ha abordat la caracterització morfològica, agronòmica i de composició. En segon lloc, s'ha procedit a l'establiment, a partir de la caracterització realitzada, de les diferents tipologies de 'Tomata Valenciana' present al germoplasma estudiat i finalment poder realitzar una primera selecció de les varietats més prometedores de cadascuna de les tipologies establertes.

3. Material i mètodes

3.1. Material vegetal

Es van fer servir 50 entrades de tomata procedents de l'Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV) catalogades en dades de passaport com a 'Tomata Valenciana' (Taula 2). Es van usar la línia VLT (varietat de 'Tomata Valenciana' portadora del gen *Tm2²*, de resistència al virus del mosaic de la tomata) i la varietat comercial ZAASTO-009 com a controls.

Taula 2. Llistat de les entrades de tomata caracteritzades

Codi abrevia	Codi	Procedència		Tipus de material
		Localitat	Comarca	
ALC1	SL-ALCUDIA-1	Alcudia	La Ribera Alta	VarietatTradicional
CAU1	SL-CAUDIEL-1	Caudiel	Alto Palancia	V.T.
ALB2	SL-ALBORAIA-2	Alboraia	L'horta Nord	V.T.
PAT1	SL- PATERNA-1	Paterna	L'horta Oest	V.T.
VLC1	SL-VALENCIA-1	Valencia	Valencia	V.T.
ELP1	SL-ELPERELLO-1	El Perello	La Ribera Baixa	V.T.
ELP2	SL-ELPERELLO-2	El Perello	La Ribera Baixa	V.T.
ELP3	SL-ELPERELLO-3	El Perello	La Ribera Baixa	V.T.
ALG1	SL-ALGINET-1	Alginet	La Ribera Alta	V.T.
MEL3	SL-MELIANA-3	Meliana	L'horta Nord	V.T.
MEL2	SL-MELIANA-2	Meliana	L'horta Nord	V.T.
XEL1	SL-XELVA-1	Xelva	Los Serranos	V.T.
SUE1	SL-SUECA-1	Sueca	La Ribera Baixa	V.T.
TUR1	SL-TURIS-1	Turis	La Ribera Alta	V.T.
TTO2	SL-TORRESTORRES-2	Torres Torres	Camp De Morvedre	V.T.
TTO1	SL-TORRESTORRES-1	Torres Torres	Camp De Morvedre	V.T.
MEL1	SL-MELIANA-1	Meliana	L'horta Nord	V.T.
TOR1	SL-TORRENT-1	Torrent	L'horta Oest	V.T.
BET1	SL-BETERA-1	Betera	Camp Del Turia	V.T.
ALD1	SL-ALBAIDA-1	Albaida	La Vall D'albaida	V.T.
VLT	VALENTIA	-	-	Línia de Millora
CAT1	SL-CATARROJA-1	Cataroja	L'horta Sud	V.T.
CAT3	SL-CATARROJA-3	Cataroja	L'horta Sud	V.T.
REQ1	SL-REQUENA-1	Requena	La Plana Utiel	V.T.
SAG1	SL-SAGUNT-1	Sagunt	Camp De Morvedre	V.T.
SIL1	SL-SILLA-1	Silla	L'horta Sud	V.T.
CAT2	SL-CATARROJA-2	Cataroja	L'horta Sud	V.T.
PUI1	SL-ELPUIG-1	El Puig	L'horta Nord	V.T.
STM3	SL-SANTMATEU-3	Sant Mateu	Baix Maestrat	V.T.
TOG1	SL-TOGA-1	Toga	Alt Millars	V.T.
SUE2	SL-SUECA-2	Sueca	La Ribera Baixa	V.T.
BET2	SL-BETERA-2	Betera	Camp Del Turia	V.T.
SEG1	SL-SEGORBE-1	Segorbe	Alt Palancia	V.T.
PIN1	SL-PINEDO-1	Pinedo	L'horta Sud	V.T.
POV1	SL-LAPOBLADEVALLBONA-1	La Pobla De Vallbona	Camp Del Turia	V.T.
PIC1	SL-PICANYA-1	Pincanya	L'horta Oest	V.T.
UTL1	SL-UTIEL-1	Utiel	La Plana Utiel	V.T.
ELI1	SL-L'ELIANA-1	L'eliana	Camp Del Turia	V.T.
PUÇ1	SL-PUÇOL-1	Puçol	L'horta Nord	V.T.
RAF1	SL-RAFELBUNYOL-1	Rafelbunyol	L'horta Nord	V.T.
CDF1	SL-CAUDETEDELASFUENTES-1	Caudete De Las Fuentes	La Plana Utiel	V.T.
NAQ1	SL-NAQUERA-1	Naquera	Camp De L Turia	V.T.
NAQ2	SL-NAQUERA-2	Naquera	Camp Del Turia	V.T.
ELI2	SL-L'ELIANA-2	L'eliana	Camp Del Turia	V.T.
GOD1	SL-GODELLA-1	Godella	L'horta Nord	V.T.
ABT1	SL-ALBALATDELARIBERA-1	Albalat De La Ribera	La Ribera Baixa	V.T.
ABT2	SL-ALBALATDELARIBERA-2	Albalat De La Ribera	La Ribera Baixa	V.T.
AGT7	SL-AGULLENT-7	Agullent	La Vall D'albaida	V.T.
ALB1	SL-ALBORAIA-1	Alboraia	L'horta Nord	V.T.
CDC1	SL-CASTELLONETDELA CONQUESTA -1	Castellonet De La Conquesta	La Xafor	V.T.
AGT8	SL-AGULLENT-8	Agullent	La Vall D'albaida	V.T.
ZAA-009	ZAASTO-009	-	-	Varietat Comercial

Les entrades procedeixen dels diferents territoris valencians (Figura 4). Algunes han estat col·lectades pel personal del Banc de Germoplasma del COMAV, i d'altres per l'equip d'investigadors del Grup de Conservació i Millora de Varietats Tradicionals Valencianes del COMAV.

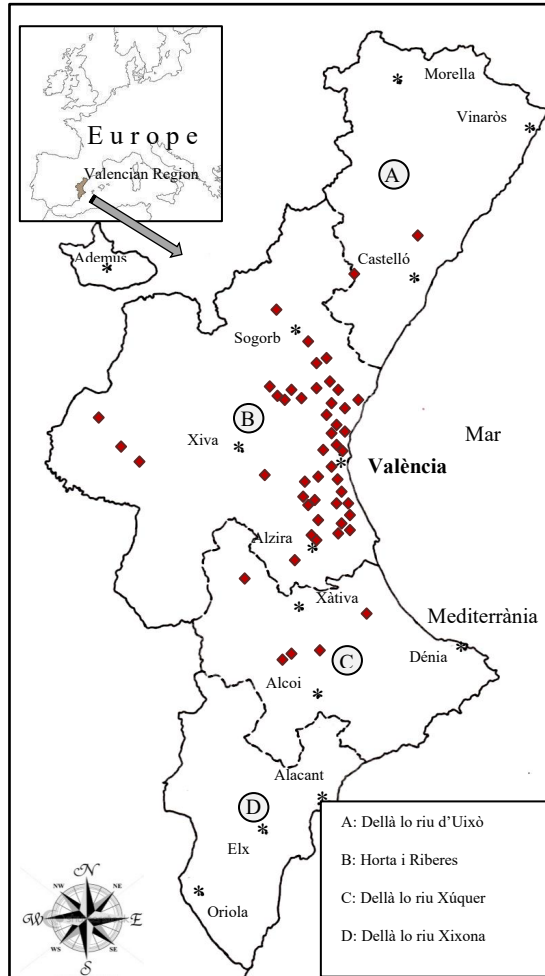


Fig. 4 Distribució geogràfica de les 50 entrades de tomata caracteritzades en els distints territoris històrics valencians

3.2. Condicions de cultiu

L'assaig es va establir a l'aire lliure, en una parcel·la ubicada al municipi d'Alcàsser. La textura del sòl és franc-argilosa. De cadascuna de les 50 entrades es van cultivar 12 plantes distribuïdes en 3 blocs amb 4 plantes per bloc. La distribució de blocs es va fer de forma aleatòria. El trasplantament es va realitzar el 2 d'abril del 2022. Les plantes es van cultivar inicialment

protegides en túnel de manta tèrmica. La primera setmana de maig es va retirar la manta tèrmica. Posteriorment, es van entutorar les plantes a mesura que creixien emprant una estructura de barraca amb canyes, forma típicament valenciana. Quan es va donar la floració del segon pomell, es van embosar els pomells d'una de les 4 plantes de cada bloc i es va realitzar un vibrat de les bosses per facilitar l'autofecundació i el quallat de fruits. El reg es va realitzar per degoteig i la nutrició via reg.

3.3. Caracterització de planta i fruit

Per a la caracterització morfoagronòmica de planta i fruit s'han utilitzat un total de 73 descriptors o característiques (Taula 3 i 4), dels quals 50 són quantitius, 21 són semiquantitatius i 2 són qualitius. Els caràcters es van avaluar en tres plantes de cada bloc.

3.4. Caracterització de composició

Es van avaluar un total de 15 característiques de composició (Taula 5). Per a la caracterització de la composició es van utilitzar uns 750 grams de triturat de fruit obtingut a partir de fruits de diferents plantes de cada bloc. D'aquest triturat se'n van obtenir 6 tubs Falcon de 15 ml. D'aquests 6 tubs, se'n va emprar un per a la determinació de sòlids solubles, pH i acidesa, un altre per a la determinació d'antioxidants, polifenols, β -carotè, licopè i carotenoides totals, i un tercer per a la determinació de vitamina C i de sucres (fructosa, glucosa i sucres totals). Els altres 3 tubs van constituir mostres de reserva. Per a una bona conservació, els tubs Falcon es van emmagatzemar en congeladors a una temperatura de -80°C . Per emprar-los en les anàlisis, es van deixar descongelar en una nevera.

Es va determinar el contingut en sòlids solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) amb un refractòmetre digital (HI 96801, HANNA). Per a la determinació del pH i acidesa s'ha fet servir un analitzador volumètric (Titralab AT1000 Series, HACH). Per a la determinació del contingut en antioxidants, es va preparar en un primer pas la corba de calibratge. Aquesta es va obtenir a partir d'una solució mare de 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chromate-2-carboxylic acid (Trolox). Seguint el protocol descrit a Sánchez-Moreno et al. (1998), es va obtenir un extracte amb Metanol 80% que es va mesurar en un espectrofotòmetre (Lambda 365+, Perkin Elmer) a 515 nm. També es va mesurar l'absorbància del 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dissolt. Un cop obtinguts els valors d'absorbància a 515 nm, mitjançant la corba de calibratge anterior, es va calcular la concentració d'antioxidants totals. Per a la determinació del contingut en β -carotè, licopè i carotenoides totals, es va obtenir un extracte en etanol:hexà 4:3 (v/v). Després d'això, emprant cubetes de quars es va mesurar l'absorbància a l'espectrofotòmetre en les longituds d'ona 452, 485 i 510 nm. Amb les absorbàncies obtingudes (Zscheile i Porter, 1947), es va obtenir el contingut en β -carotè, licopè i carotenoides. Per a la determinació del contingut en polifenols, seguint el protocol de Raigon et al. (2008), es va obtenir un extracte en aigua mil·liQ que es va mesurar en un espectrofotòmetre (Lambda 365+, Perkin Elmer) a 750 nm. Un cop obtinguts els

valors d'absorbància a 750 nm, es va calcular la concentració de polifenols. Per a la determinació de vitamina C (àcid ascòrbic i àcid dehidroascòrbic) i, fructosa, glucosa i sucres totals; una vegada obtingut l'extracte seguint els protocols anteriorment citats, aquests es van analitzar a l'equip d'HPLC (1220 Infinity LC, Agilent Technologies).

3.5. Anàlisi estadística

Per fer l'anàlisi estadística s'ha fet servir el programa Statgraphics centurió XVIII. Es va fer una anàlisi per cada variable, obtenint la mitjana, rang i coeficient de variació per a cada caràcter mesurat. També es va utilitzar una anàlisi de la variància simple (ANOVA simple) per a la detecció de diferències significatives entre les mitjanes de les entrades per a cada variable. Seguidament es va realitzar una anàlisi multivariant de components principals (ACP). L'anàlisi de components principals (ACP) és un algorisme matemàtic que redueix la dimensionalitat de les dades mentre conserva la major part de la variació al conjunt de dades (Jolliffe, 2002). Amb aquesta anàlisi podem avaluar visualment les mostres tant les similituds com les diferències, així com agrupar les diferents entrades.

4. Resultats i discussió

4.1. Caracterització de planta

En realitzar l'anàlisi de variància simple (ANOVA simple) per a les 30 característiques de planta (Taula 3), es van observar diferències significatives entre les varietats estudiades a 24. Cal destacar l'hàbit de creixement, densitat de fullatge, inclinació de la fulla, longitud de l'entrenus, tipus d'inflorescència, vigor de la planta, diàmetre de la tija, nitrogen mesurat per Dualex, precocitat, seqüència de quallat, nombre de fruits al primer pomell, nombre de fruits al tercer pomell, nombre de fruits al quart pomell, nombre de fruits al cinquè pomell, nombre de fruits al sisè pomell, nombre total de fruits i producció, com a molt significatives. El nivell mitjà de producció va presentar un valor més elevat comparat amb altres estudis amb varietats tradicionals (Figás, 2019).

Les 50 entrades de 'Tomata Valenciana' van mostrar una elevada variabilitat per al caràcter producció (coeficient de variació de 20,42), amb produccions des dels 2,5 kg/planta fins als 6,5 kg/planta (Figura 5). Aquesta situació permet abordar la selecció de varietats de 'Tomata Valenciana' amb unes característiques semblants, però més productives.

Taula 3. Valor medi, coeficient de variació, rang i significació per als caràcters de planta avaluats en la col·lecció

Característica	Unitat o escala de mesura	Mitja	Coeficient de variació	Rang
Hàbit de creixement	1, determinat; 2, semideterminat; 3, indeterminat	2,88	13,12%	1,00 – 3,00***
Densitat de fullatge	3, escàs; 5, intermedi; 7, dens	4,92	11,96%	3,00 - 6,00***
Inclinació de la fulla	3, semirecta; 5, horitzontal; 7, inclinada	6,58	8,70%	5,00 – 7,00***
Densitat de la pubescència de la tija	3, escàs; 5, intermedi; 7, dens	4,81	10,12%	3,00 – 5,00**
Longitud del entrenuc	Entre el primer i segon pomell (cm)	4,44	17,82%	2,94 – 6,78***
Tipus de fulla	1, tomata; 2, creïlla	1,00	0,00%	1,00 – 1,00 n.s.
Tipus de inflorescència	1, unípara; 2, espina de peix; 3, bifurcada; 4, irregular; 5, composta	3,71	24,06%	1,00 – 4,00***
Fulla/Brot en inflorescència	1, sense fulla; 2, amb fulla; 3, amb fulla i brot	1,04	26,71%	1,00 – 3,00 ^{n.s.}
Posició de l'estil	1, insert; 2, mateix nivell; 3, exert; 4, molt exert	1,94	12,12%	1,00 – 2,00**
Vigor de la planta	1, molt lleu; 2, lleu; 3, intermedi; 4, fort; 5, molt fort	5,52	14,12%	4,00 – 7,00***
Diàmetre de la tija	Mesurat a 1m del sòl (cm)	13,89	19,54%	1,70 – 18,57***
SPAD index		56,10	4,93%	50,44 – 65,23 ^{n.s.}
Dualex N		25,86	14,83%	13,47 – 32,81***
Dualex Clorofil·la	Mesurat en fulla desenvolupada	42,78	6,03%	36,48 – 48,32**
Dualex Antocians		0,15	18,36%	0,11 – 0,28 ^{n.s.}
Dualex Flavonoids		1,70	12,39%	1,33 – 2,19***
Precocitat	Dies post trasplantament	84,41	6,39%	73,00 – 96,33***
Seqüència de quallat	3, escassa; 5, intermèdia; 7, bona; 9, molt bona	4,40	27,08%	0,00 – 7,00***
NFR 1	Unitats	2,99	108,99%	0,56 – 24,33***
NFR 2	Unitats	3,70	30,60%	0,00 – 6,50**
NFR 3	Unitats	2,90	37,18%	0,00 - 5,00***
NFR 4	Unitats	2,11	58,50%	0,00 – 6,57***
NFR 5	Unitats	1,18	76,16%	0,00 – 3,78***
NFR 6	Unitats	0,70	78,61%	0,00 – 1,89***
NFR 7	Unitats	0,34	104,65%	0,00 – 1,44 ^{n.s.}
Nº total de fruits	Unitats	13,98	33,96%	5,11 – 25,50***
Producció	g/planta	4259,92	20,42%	2467,51 – 6545,05***
Angle del bulb radicular	Graus	140,38	11,25%	96,67 – 173,33 ^{n.s.}
Diàmetre de l'arrel principal	En la unió amb la tija (cm)	1,72	14,44%	1,33 – 2,33*
Densitat de la barbada	1, molt escassa; 2, escassa; 3, intermèdia; 4, abundant; 5, molt abundant	2,31	27,00%	1,00 – 4,00*

Nota: n.s. significa no significatiu, * significa significatiu amb un p-valor comprès (0,01 – 0,05], ** significa significatiu amb un p-valor comprès (0,001 – 0,01] y *** significa significatiu amb un p-valor inferior a 0,001.

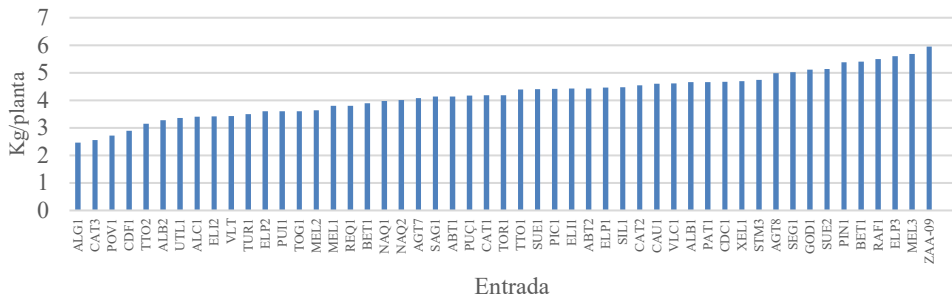


Fig. 5 Producció (kg/planta) de les entrades caracteritzades

En fer una anàlisi de components principals (ACP) amb els caràcters de planta de la taula 3, vam poder veure quines varietats eren més paregudes entre si i quines més diferent (Figura 6). Per a aquesta anàlisi la primera component explica un 21,188% de la variació observada i la segona n'explica un 15,586%, acumulant entre totes dues un 36,775%. Per a la component 1, se situen a la dreta aquelles entrades amb nivells més elevats dels caràcters seqüència de quallat i quantitat de fruits al tercer, quart, cinquè, sisè i setè pomell, i quantitat total de fruits per planta. Per a la component 2, se situen més cap amunt les entrades amb nivells més elevats dels caràcters densitat de la pubescència de la tija, el tipus d'inflorescència i la posició de l'estil.

Veiem com les entrades ELI-2, RAF-1, CAU-1 i CDF-1 no corresponen al tipus varietal 'Valenciana', estant allunyades del conjunt d'entrades que han correspost a aquest tipus tradicional. Les entrades ELI-2 i RAF-1 es troben més properes al núvol de punts de 'Tomata Valenciana'. Això pot ser degut al fet que siguin possibles creuaments de forma espontània o dirigida entre varietats de tipus 'Valenciana' i altres tipus de tomata. L'entrada CDF-1 es tracta de plantes amb creixement determinat de tipus Conserva i totalment diferent de la 'Tomata Valenciana'. D'altra banda, es troba CAU-1 la qual presenta un elevat quallat (dels majors a la col·lecció), però tampoc és de tipus 'Valenciana', al igual que el control ZAA-009 (varietat comercial). El control VLT (línia de millora) es troba a l'interior del núvol de punts de la col·lecció, ja que presenta característiques de tomata tipus 'Valenciana' però amb un gen resistència al virus del mosaic de la tomata introduït (Soler et al. , 2010).

Pel que fa a les entrades de tipus 'Valenciana', a la dreta de la figura 6, amb valors positius a la component 1, trobem la majoria de les varietats que es classifiquen com a tipus 'Masclat' i 'Intermedi'. De la mateixa manera, les entrades a l'esquerra de la figura són majoritàriament del tipus 'Blanca', encara que trobem les entrades CAT-3 o TUR-1 que no pertanyen a aquest grup. En aquest sentit, sembla que, per a separar les diferents tipologies de 'Tomata Valenciana', cal la caracterització del fruit.

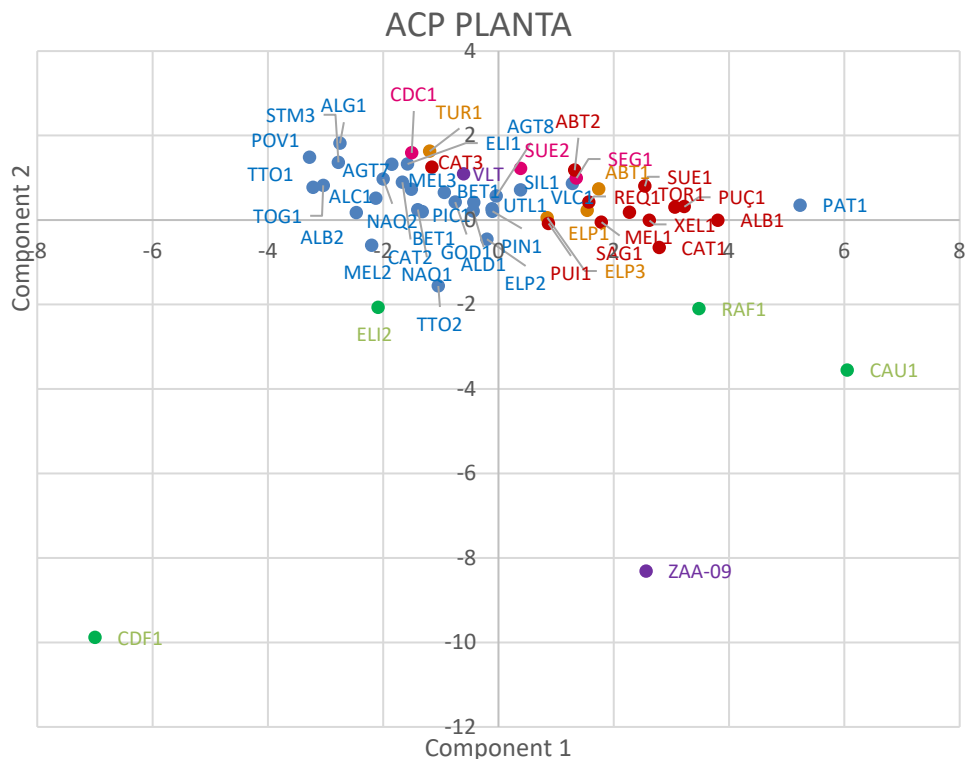


Fig. 6 Anàlisi de Components Principals (ACP) de caràcters de planta. Els colors indiquen diferents tipus de varietats (cercle blau, 'Tomata Valenciana' tipus 'Blanca'; cercle taronja, 'Tomata Valenciana' tipus 'Intermèdia'; cercle roig, 'Tomata Valenciana' tipus 'Masplet'; cercle rosa, tomata 'Rosa ' valencià; cercle verd, una altra tipologia de tomata; cercle morat, control)

4.2. Caracterització de fruit

Dels 28 caràcters de fruit, 3 són de caràcter qualitatiu (color del fruit madur, forma predominant del fruit i la condició de la cicatriu pistil·lar) (taula 4). En fer l'anàlisi de variància simple (ANOVA simple) per a cada característica, s'han observat diferències significatives en 23 de les 25 característiques quantitatives avaluades (Taula 4). Cal destacar les diferències observades en el pes mitjà del fruit, i les dades obtingudes per a aquest caràcter són més elevades que en altres treballs (Figás et al., 2017b). Així mateix, com altres treballs (Marsal, 2017), s'ha observat variabilitat per a la intensitat de l'apuntament del fruit.

Taula 4. Valor medi, coeficient de variació, rang i significació per als caracters de fruit avaluats en la col·lecció

Característica	Unitat o escala de mesura	Mitja	Coeficient de variació	Rang
Color fruito immadur	1, verd blanquinós; 3, verd clar; 5, verd; 7, verd fosc; 9, verd molt fosc	2,60	43,99%	1,00 – 5,00***
L fruit immadur	Mesurats en fruit immadur	66,08	3,48%	60,03 – 69,51***
a fruit immadur		-9,80	-16,10%	-14,14 -- -6,31***
b fruit immadur	0, uniforme; 1, verd clar; 2, verd intermedi; 3, verd fosc	23,82	12,08%	12,21 – 31,83***
muscle verd		1,56	54,55%	0,00 – 3,00***
L muscle verd	Mesurats en muscle del fruit	53,81	8,29%	45,43 – 69,21***
a muscle verd		-12,50	-9,25%	-14,64 -- -8,38***
b muscle verd	Mesurats en fruit madur	27,30	6,22%	24,10 – 32,41***
L fruit madur		42,86	3,78%	39,09 – 47,91**
a fruit madur	Mesurats en fruit madur	28,22	8,28%	23,85 – 34,18**
b fruit madur		30,97	9,38%	23,06 – 37,52***
Color fruit madur	1, groc; 2, taronja; 3, rosa; 4, roig; 5, morat; 6, marró; 7, verd	-	-	3 – 4
Apuntament del fruit	0, absent; 1, lleuger; 2, intermedi; 3, fort	1,48	67,25%	0,00 – 3,00***
Forma predominant del fruit	1, plana; 2, lleugerament plana; 3, redona; 4, rectangular; 5, cilíndrica; 6, el·líptica; 7, cor; 8, Obovoid; 9, Ovoid; 10, Pera; 11, Pimentó.	-	-	2,00 – 7,00
Condicció de la cicatriu pistil·lar	1, oberta; 2, tancada; 3, tots dos	-	-	1 - 3
Acostellat	1, molt lleu; 2, lleu; 3, intermedi; 4, fort; 5, molt fort	2,60	23,21%	1,00 – 3,00***
Nº de lòculs	Nº	10,25	29,41%	2,00 – 18,44***
Amplària del fruit	cm	8,57	14,99%	5,47 – 12,23***
Altura del fruit	cm	7,79	9,50%	6,10 – 9,96***
Ràtio altura/amplària	-	0,92	14,99%	0,63 – 1,41***
Duròmetre	Graus Shore A	67,74	9,25%	49,37 – 84,2 ^{n.s.}
Gruix del pericarpí	mm	5,10	11,59%	4,06 – 7,56*
Buidat	1, absent; 3, lleu; 5, intermedi; 7, sever	1,70	46,43%	1,00 – 4,11***
Clavillat radial	1, absent; 3, escàs (menys del 5% de fruits afectats); 5, intermedi (entre 5% i 20% de fruits afectats); 7, abundant (més del 20% de fruits afectats)	5,03	23,18%	1,00 – 7,00***
Clavillat concèntric	1, absent; 3, escàs (menys del 5% de fruits afectats); 5, intermedi (entre 5% i 20% de fruits afectats); 7, abundant (més del 20% de fruits afectats)	2,33	46,44%	1,00 – 5,67***
Fasciació	1, absent; 3, escàs (menys del 5% de fruits afectats); 5, intermedi (entre 5% i 20% de fruits afectats); 7, abundant (més del 20% de fruits afectats)	1,91	43,63%	1,00 – 3,89 ^{n.s.}
Blossom End-Rot	1, absent; 3, escàs (menys del 5% de fruits afectats); 5, intermedi (entre 5% i 20% de fruits afectats); 7, abundant (més del 20% de fruits afectats)	1,63	51,62%	1,00 – 5,11***
Pes del fruit	g	338,09	34,74%	118,84 –

Nota: n.s. significa no significatiu, * significa significatiu amb un p-valor comprès (0,01 – 0,05], ** significa significatiu amb un p-valor comprès (0,001 – 0,01] y *** significa significatiu amb un p-valor inferior a 0,001.

Pel que fa als caràcters qualitius color del fruit madur i condició de la cicatriu pistil·lar, l'estudi realitzat ens indica que les 43 entrades qualificades com a 'Tomata Valenciana' presenten un color roig típic d'aquesta varietat (Soler et al., 2016; Figás, 2019). Tot i això, en certes comarques valencianes apareixen tomates de baix apuntament i de color rosa que alguns agricultors denominen 'Tomata Valenciana Rosada'. Seria el cas de les entrades CDC-1 i SEG-1 (Lara, 2017). Pel que fa a la condició de la cicatriu pistil·lar s'ha observat variabilitat a les entrades de 'Tomata Valenciana' avaluades. Normalment s'ha observat una major freqüència de cicatriu pistil·lar oberta a les entrades de tipus 'Blanca' i a les entrades tipus 'Masclat' sol ser sempre tancada.

En fer una anàlisi de components principals (ACP) (Figura 7) amb els caràcters de fruit de la Taula 6, per a la component 1, se situen a la dreta les entrades amb nivells més grans dels caràcters paràmetre "L" del fruit immadur, paràmetre "a" del fruit immadur, amplada del fruit i pes del fruit. Se situen a l'esquerra les entrades amb nivells més grans per al color del fruit immadur, paràmetre "b" del fruit immadur i espatlla verda. Per a la segona component, se situen més cap amunt les entrades amb nivells més grans d'acostellat, nombre de lòculs, esquerdat radial i pes del fruit, i se situen més cap avall les entrades amb més valors de paràmetre "L" de l'espatlla verda i paràmetre "a" de l'espatlla verda. En observar la Figura 7, es pot apreciar com novament les entrades CDF-1, ELI-2, RAF-1 i CAU-1 se separen novament de les entrades que són tomata 'Valenciana'. En el cas de les entrades ELI-2, RAF-1 i CAU-1, aquestes es troben al límit del núvol d'entrades de tomata 'Valenciana'. El fruit és més similar a aquestes, però visualment semblen, com s'ha comentat a l'apartat 4.1, el resultat de creuaments entre Tomata Valenciana i altres materials. Així, els fruits mostren formes intermèdies entre la 'Tomata Valenciana' i altres tipus de tomata arrodonida (figura 8 i 9). Pel que fa als controls, primerament, destaquem ZAA-009 que es separa clarament i pel que fa a VLT, es troba limitant el núvol de punts de la col·lecció de 'Tomata Valenciana'. Al grup de tomata valenciana 'Rosa' (SEG-1, SUE-2 i CDC-1), cal destacar que aquests materials constitueixen un grup diferenciat de la 'Tomata Valenciana' de color roig amb diferents graus d'apuntament (Lara, 2017).

Com s'ha esmentat al apartat 4.1, les 43 entrades de tomata tipus 'Valenciana' s'han classificat com a tipus 'Masclat' i 'Blanca'. Els fruits tipus 'Masclat' es caracteritzen per presentar un gran apuntament, una espatlla verda intensa i un color de fruit immadur més fosc (Figures 8 i 9) (Soler et al., 2016). En aquest sentit, per fer la classificació esmentada ha estat molt important fer una caracterització del fruit immadur (Figura 9). La condició pistil·lar del fruit als 'Masclat' és tancada, i els lòculs es troben més agrupats de forma més regular i en menor nombre que en la tipologia 'Blanca'. L'establiment d'aquestes tipologies ja l'han utilitzat altres autors (Alcubierre, 2016; Marsal, 2017 i Soler et al., 2016). No obstant això, el nostre treball indica que hi ha varietats de tipologia 'Intermedia' (INT), com ara les entrades TUR-1, ABT-1, ELP-1 i ELP-3. Així, al grup de Tomata Valenciana, una vegada establertes les diferents tipologies, primerament, ubiquem el grup Masclat a la zona esquerra del gràfic (Figura 7). Això és degut

al fet que el fruit immadur presenta un color més fosc que les entrades del grup 'Blanca', igual que presenten una major espatlla verda (Soler et al., 2016) i apuntament (Alcubierre, 2016) i una menor amplada de fruit. Hi ha una zona d'entrades tipus Masclet més marcada formada per MEL-1, XEL-1, ALB-1, CAT-1, SAG-1, TOR-1 i PUÇ-1. Les entrades CAT-3 i SUE-1, malgrat haver estat classificades com de tipus 'Masclet' es troben desplaçades cap a valors més positius en la component 1. En el cas de SUE-1 és pel fet que presenta un major pes de fruit dins del tipus 'Masclet'. D'altra banda, CAT-3 està desplaçat pel fet que en color de fruit immadur presenta una unitat menor que la resta d'entrades d'aquest tipus. Més propera a l'eix de la component 2 (Figura 7), es troba la zona del tipus intermedi, on es troben 4 entrades (representades a la gràfica en color taronja), a les quals se solapen algunes entrades del tipus 'Masclet' (PUI-1, ABT -2 i REQ-1) i entrades del tipus 'Blanca' (UTL-1 i SIL-1). El tipus 'Blanca' es troba associat a valors positius a la component 1, excepte les entrades que es troben a la zona de tipologia intermèdia. El tipus 'Blanca' s'associa amb una major amplada de fruit, menor espatlla verda, menor apuntament o nul, més pes, i fruit immadur de color més clar. Com ja havíem indicat al punt 4.1 la caracterització de fruit permet distingir de forma més clara les tipologies existents a la 'Tomata Valenciana'.

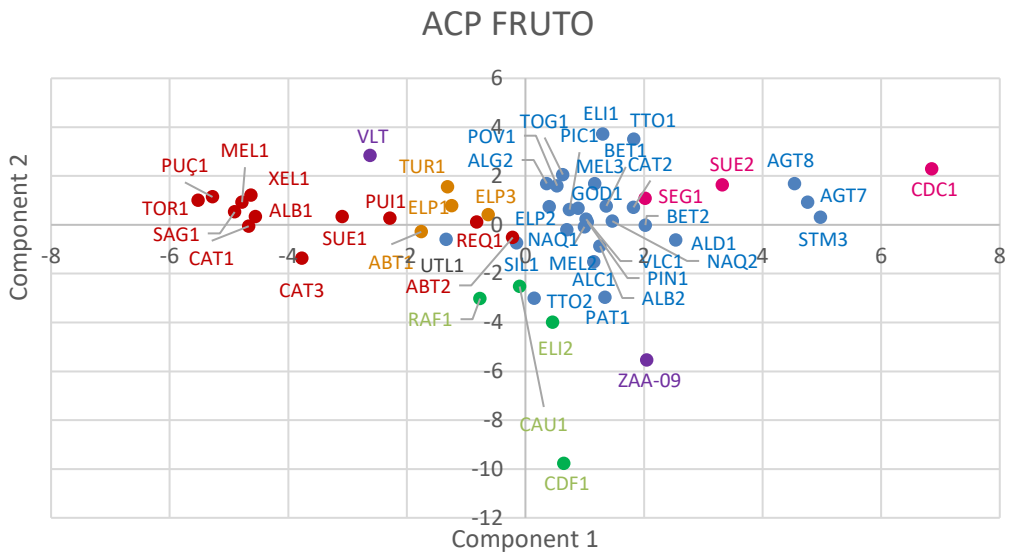


Fig. 7 ACP de fruit. Els colors indiquen diferents tipus de varietats (cercle blau, 'Tomata Valenciana' tipus 'Blanca'; cercle taronja, 'Tomata Valenciana' tipus 'Intermèdia'; cercle roig, 'Tomata Valenciana' tipus 'Masclet'; cercle rosa, tomata 'Rosa ' valencià; cercle verd, una altra tipologia de tomata; cercle morat, controls)



Fig 8. Foto de fruit immadur de les entrades de tomata tipus 'Blanca', 'Mascllet', 'Intermèdia', 'Valenciana Rosa' i fora de tipus

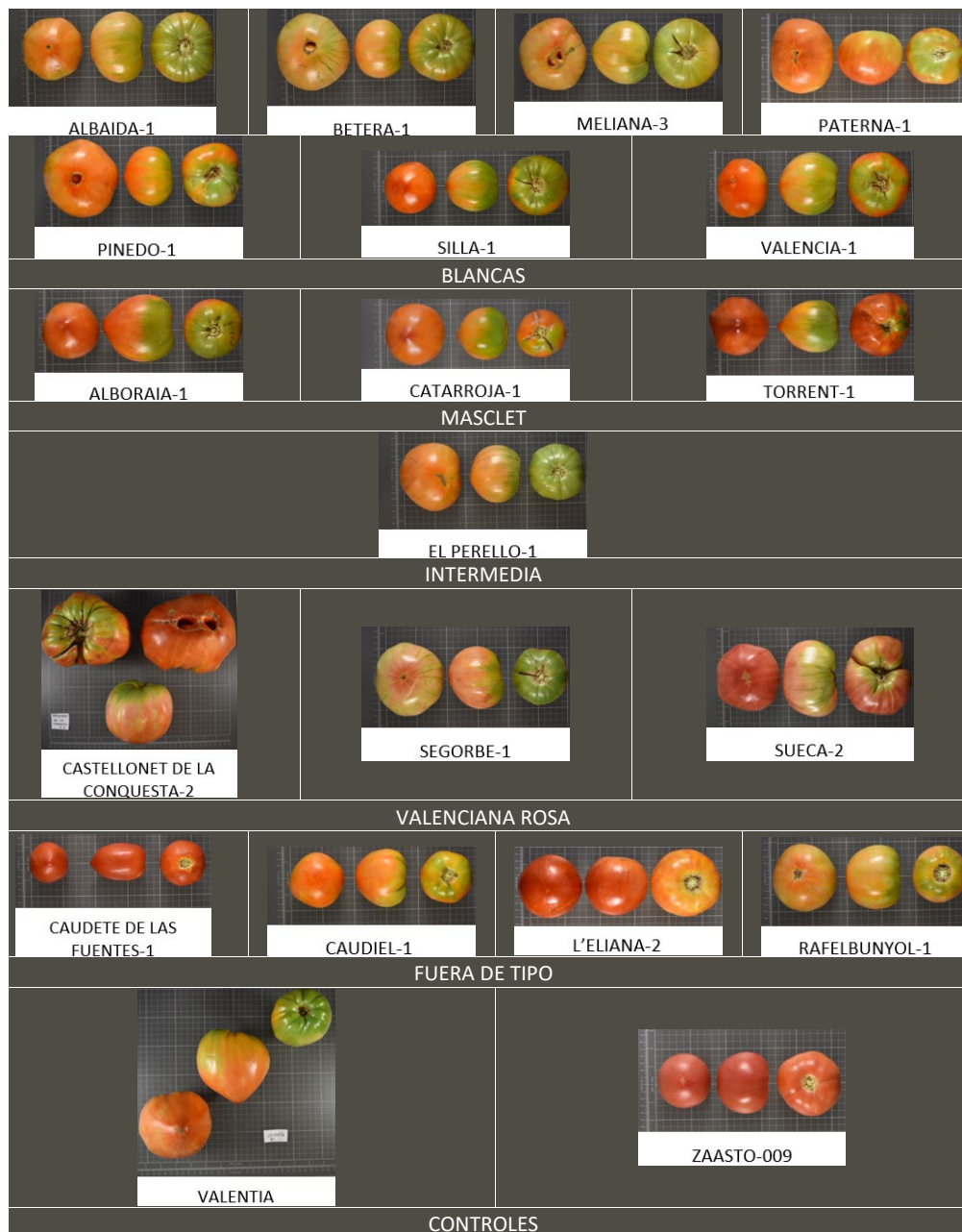


Fig 9. Foto de fruit comercial de les entrades de tomata tipus 'Blanca', 'Masclat', 'Intermèdia', 'Valenciana Rosa' i fora de tipus

4.3. Caracterització de la composició

En fer l'anàlisi de variància simple (ANOVA simple) per a cada característica de composició, s'han observat diferències significatives en 4 (Taula 5). És a dir, la variabilitat existent a la col·lecció d'entrades emprades sembla molt menor quant a característiques de composició, les quals van presentar valors similars en variació i rangs a les obtingudes en altres estudis anteriors (Soler et al., 2016, Figàs, 2019, Casanova et al., 2021). D'entre les característiques amb més variabilitat, cal destacar l'acidesa. Pel que fa a antioxidants, la col·lecció presenta valors més similars que els mostrats en altres estudis (Soler et al., 2016 i Figàs, 2019). Pel que fa a polifenols, els valors són lleugerament inferiors que els mostrats a estudi anteriors (Soler et al., 2016).

Taula 5. Valor mig, coeficient de variació, rang i significació per als caràcters de composició avaluats en la col·lecció

Característica	Unitat	Mitja	Coeficient de variació	Rang
°Brix	Mesurat en suc de fruit	4,19308	5,98%	3,63 – 4,63 ^{n.s.}
pH	Mesurat en suc de fruit	4,10558	2,57%	3,88 – 4,32 ^{n.s.}
Acidez	g àcid / 100g	0,540962	14,33%	0,37 – 0,73***
Índex de sabor	-	0,935019	4,21%	0,87 – 1,02*
Polifenols	mg equivalents àcid gálico/ 100	21,6165	13,74%	15,11 – 28,86**
Antioxidants	µmols equivalents Trolox/ 100 g	197,163	16,51%	101,72 – 264,77*
Licopé	mg / 100 g pes fresc	4,01759	18,92%	2,75 – 6,32 ^{n.s.}
β-Caroté	mg / 100 g pes fresc	1,2569	16,10%	0,83 – 1,70 ^{n.s.}
Carotenoids totals	mg / 100 g pes fresc	7,66944	17,37%	5,24 – 11,93 ^{n.s.}
Àcid ascórbic	mg / L suc	129,853	21,39%	69,35 – 182,40 ^{n.s.}
Àcid	mg / L suc	73,4558	34,33%	33,21 – 142,55 ^{n.s.}
Total de vitamina	mg / L suc	193,565	12,19%	148,07 – 248,94 ^{n.s.}
Fructosa	mg / L suc	16,7056	12,27%	13,47 – 22,18 ^{n.s.}
Glucosa	mg / L suc	15,6663	15,27%	11,83 – 24,56 ^{n.s.}
Sucres totals	mg / L suc	32,113	11,88%	25,76 – 42,93 ^{n.s.}

Nota: n.s. significa no significatiu, * significa significatiu amb un p-valor comprès (0,01 – 0,05], ** significa significatiu amb un p-valor comprès (0,001 – 0,01] y *** significa significatiu amb un p-valor inferior a 0,001.

En realitzar una anàlisi de components principals (ACP) amb els caràcters de la Taula 10, a la Figura 11, es mostra el núvol de punts de la col·lecció per a la caracterització de la composició. En aquesta caracterització no es pot establir cap relació entre els grups varietals i les característiques de composició.

4.4. Selecció de varietats

S'ha realitzat una selecció de les millors entrades de Tomata Valenciana. Primerament s'ha jerarquitzat per una elevada producció i vigor de planta. En segon lloc, s'ha valorat una bona seqüència de quallat, pes de fruit i contingut en polifenols i antioxidants (Taula 6).

Taula 6.- Varietats seleccionades de 'Tomata Valenciana'

Entrada	Tipus	Producció	Vigor de la planta	Seqüència de quallat	Pes del fruit	Polifenols	Antioxidants
ALD1	BLANCA	6545,05	5	5	350,01	23,68	234,27
MEL3	BLANCA	5685,69	6	4	473,37	24,66	246,27
BET1	BLANCA	5405,48	5	4	435,16	21,54	216,65
PIN1	BLANCA	5381,51	5	5	385,70	25,01	160,51
PAT1	BLANCA	4662,18	7	6	213,11	19,54	176,41
ALB1	MASCLET	4658,13	5	5	214,69	27,21	199,76
VLC1	BLANCA	4613,86	6	6	312,89	16,42	160,61
SIL1	BLANCA	4469,40	5	6	316,91	21,90	134,52
ELP1	INTERMEDI	4468,23	6	6	281,12	25,04	207,50
TOR1	MASCLET	4187,34	6	6	227,87	20,92	175,71
CAT1	MASCLET	4185,88	5	5	200,07	21,78	138,85

A la taula anterior trobem que entre la tipologia 'Intermèdia', l'entrada ELP-1 és la que presenta més producció, vigor i seqüència de quallat presenta. En el cas de la tipologia Masclet, s'han seleccionat les 3 entrades més productives, les quals són ALB-1, TOR-1 i CAT-1. Aquestes entrades tenen una menor producció que la tipologia Blanca. En el cas de la tipologia 'Blanca', les entrades ALD-1, MEL-3 i BET-1 presenten les produccions més grans amb seqüències de quallat menys elevades que les de tipologia 'Masclet', però a causa del seu major pes de fruit han resultat tenir més producció. També aquestes tres entrades de Blanca són les que presenten valors més elevats en antioxidants d'aquesta tipologia. Pel que fa a l'entrada PIN-1 s'ha seleccionat degut al seu elevat contingut de polifenols conservant una producció elevada. D'altra banda, les entrades restants (PAT-1, VLC-1, SIL-1) s'han seleccionat per una major seqüència de quallat al grup 'Blanca'.

5. Conclusions

S'ha realitzat la caracterització morfològica, agronòmica i de composició d'una col·lecció de 50 entrades de Tomata Valenciana. Les dades obtingudes indiquen que, d'aquestes entrades, 43 pertanyen al tipus varietal Tomata Valenciana. A partir de les característiques d'intensitat de l'espalla del fruit, el color del fruit immadur i l'apuntament del fruit s'han establert les tipologies de Tomata Valenciana 'Masclet' i 'Blanca'. La caracterització efectuada ha permès identificar entrades de Tomata Valenciana amb una tipologia intermèdia. Així, les característiques de planta i de fruit avaluades han permès confirmar l'agrupament de les entrades avaluades en dos

grups 'Masclat' i 'Blanca' dins de la col·lecció i les entrades anomenades 'Intermèdies' es posicionen com s'esperava entre els dos grups esmentats anteriorment.

El treball realitzat de caracterització ha permès la selecció dins de cada tipologia de fruit de les entrades més prometedores per, o bé la seva recomanació per a cultiu per part dels agricultors, o bé per emprendre programes de millora genètica. Així s'han seleccionat les entrades (ALB-1, TOR-1 i CAT-1) de la tipologia 'Masclat', les entrades (ALD-1, MEL-3, BET-1, PIN-1, PAT-1VLC-1 i SIL-1) de la tipologia 'Blanca' i l'entrada (ELP-1) com a 'Intermèdia'.

S'ha aconseguit llavor d'autofecundació controlada de cada entrada de Tomata Valenciana. Amb aquesta s'ha establert un repositori de llavor per a subministrar els agricultors i, per altra banda, per a la seva conservació futura al Banc de Germoplasma de la UPV.

6. Agraïments

Aquest estudi forma part del programa AGROALNEXT i està recolzat pel Ministeri de Ciència i Innovació (MICIU) amb finançament de la Unió Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.II) i la Generalitat Valenciana.

Els autors agraeixen també a l'agricultor Julio Quilis Siurana per la seva contribució al present treball i a l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana pel seu suport.

7. Referències bibliogràfiques

- Alcubierre L. 2016. Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades tradicionales de tomate [Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València]. Riunet.
- Cabanes M.D. 2017. La repoblación de los aragoneses en Valencia. En: Bajar al reino. Relaciones sociales, económicas y comerciales entre Aragón y Valencia: siglos XIII y XIV (ed. E. Sarasa). Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- Cano A., Bermejo, A. 2011. Influence of rootstock and cultivar on bioactive compounds in citrus peels. *J. Sci. Food Agric.* 91: 1702-1711. doi:10.1002/jsfa.4375.
- Casanova C., Figàs M.R., Soler E., Rosa E, Prohens J. y Soler S. 2021. Caracterización morfológica, agronómica y de calidad de la colección de 'Tomata valenciana' de la "Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana" en condiciones de cultivo ecológico.
- Castán J.L. 1998. Bajarse al Reino. Trashumantes turolenses en Valencia durante la época moderna", Teruel. *Revista del Instituto de Estudios Turolenses*, núm. 86, II, Teruel, pp. 21-43.

- Cortés-Olmos C., Valcárcel J.V., Roselló J., Díez M.J., Cebolla-Cornejo J. 2015. Traditional eastern spanish varieties of tomato. *Scientia Agricola*, 5: 420-431.
- Escrivá C, Baviera A, Buitrago JM. 2010. Marcas de calidad agraria en la Comunidad Valenciana. En Ramón F. Fernández (ed.), *El derecho civil valenciano tras la reforma del estatuto de autonomía*. Tirant, Valencia.
- FAOSTAT. 2024. <https://www.fao.org/statistics/es>.
- Figás M.R., Martín A., Casanova C., Soler E., Prohens J., Soler S. 2017a. Estudi de la distribució de quallat en distintes seleccions masals de la “Tomaca Valenciana d’El Perelló. I Congrés de la tomaca valenciana. La Tomaca Valenciana d’El Perelló. Universitat Politècnica de València. 73-83. <http://dx.doi.org/10.4995/TOMAVAL2017.2017.6523>.
- Figás M.R., Martín A., Casanova C., E., Prohens J., Soler S. 2017b. Millora genètica de la ‘Tomaca Valenciana d’El Perelló’ per a resistència al virus del mosaic de la tomaca (*Tomato mosaic virus*, ToMV). I Congrés de la Tomaca Valenciana. La Tomaca Valenciana d’El Perelló. Universitat Politècnica de València. 115-127. <http://dx.doi.org/10.4995/TOMAVAL2017.2017.6525>.
- Figás, M.R. 2019. Caracterización, tipificación, selección y mejora genética de variedades valencianas de tomate [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. Riunet. doi:10.4995/thesis/10251/119449.
- García-Martínez S., Galvez-Sola L.N., Alonso A., Agullo E., Rubio F., Ruiz J.J., Moral R. 2012. Quality assessment of tomato landraces and virus-resistant breeding lines: quick estimation by near infrared reflectance spectroscopy. *J Sci Food Agric.*, 92: 1178–1185.
- <https://traditom.eu/project/history/>
- Jolliffe I.T. 2002. *Principal Component Analysis*. Springer. New York.
- Lara M.R. 2017. Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades de tomate y pimiento de la comarca de La Vall D’Albaida. [Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València]. Riunet. <http://hdl.handle.net/10251/90056>.
- López-Terrada M.L. 2016. The history of the arrival of the tomato in Europe: an initial overview.
- MAPA. 2024. <https://www.mapa.gob.es/es/>.
- Marone D., Russo M.A., Mores A., Ficco D.B., Laidò G., Mastrangelo A.M., Borrelli G.M. 2021. Importance of landscapes in cereal breeding for stress tolerance. *Plants*, 10 (7): 1267. doi.org/10.3390/plants10071267.
- Marsal J.I., Cerdá J., López-Serrano L., Penella C., Calatayud A. 2017. Caracterización agronómica-morfológica de 6 entradas de “Tomaca tipo Masclet” de la colección de variedades tradicionales del IVIA. I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d’El Perelló. Universitat Politècnica de València. 65-71. <http://dx.doi.org/10.4995/TOMAVAL2017.2017.6320>.

- Navarro J. M., Martínez V., Carvajal M. 2000. Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. *Plant Science*, 157, 89–96. doi:10.1016/s0168-9452(00)00272-7.
- Newton A.C., Akar T., Baresl J.P., Bebeli P.J., Bettencourt E., Bladenopoulos K.V., Patto M.C. 2011. Cereal landraces for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 237-269. doi.org/10.1051/agro/2009032.
- Nuez F. 2002. La herencia árabe en la agricultura y el bienestar de occidente. (ed. F. Nuez). Universitat Politècnica de València. València.
- Raigón, M. D., Prohens, J., Muñoz-Falcón, J. E., & Nuez, F. 2008. Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 370–376. doi.org/10.1016/j.jfca.2008.03.006.
- Sánchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura-Calixto F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270–276. doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9.
- Soler S., Prohens J., López C., Aramburu J., Galipienso L., Nuez F. 2010. Viruses infecting tomato in Valencia, Spain: occurrence, distribution and effect of seed origin. *Journal of Phytopathology*, 158: 797 – 805. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01706.x.
- Soler S., Figás M.R., Díez M.J., Granell A., Prohens J. 2016. Tomato. En: (ed. J.I. Ruíz de Galarreta, J. Prohens, R. Tierno) *Las variedades locales en la mejora genética de plantas*. Gobierno Vasco. Vitoria.
- Utrilla J.F. 2017. De la extremadura aragonesa al Reino de Valencia: las tierras de frontera entre el mundo cristiano feudal i el Sharq Al-Andalus (1170/1240). En: *Bajar al reino. Relaciones sociales, económicas y comerciales entre Aragón y Valencia: siglos XIII y XIV* (ed. E. Sarasa). Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- Valcárcel J.A. 1767. *Agricultura general y gobierno de la casa de campo*. Libro XVII. De la Huerta. Capítulo XII. De la salvia, tomates, verdolaga y yerbabuena.
- Zscheile, F. P., and Porter, J. W. (1947). Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains. *Anal. Chem.* 19, 47–51. doi:10.1021/ac60001a013.



Avaluació de la diversitat genètica del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' utilitzant el genotipat SPET i l'anàlisi bioinformàtic

Genetic Diversity Assessment of 'Tomata Valenciana' Germplasm Using SPET Genotyping and Bioinformatic Analysis

Ramón Gabriel Rico Ferrer, Nicolás Arroyo Fernández, María del Rosario Figàs Moreno, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler Calabuig, Miquel Martínez Busó, Jaime Prohens Tomás, Santiago Vilanova Navarro i Salvador Soler Aleixandre

Grup de Conservació i Millora de Varetats Tradicionals Valencianes, Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera 14, 46022 València, rarifer1@alumni.upv.es.

How to cite: Rico Ferrer, R.G.; Arroyo Fernández N.; Figàs Moreno M^a R.; Casanova Calancha C.; Soler Calabuig E.; Martínez Busó M.; Prohens Tomás J.; Vilanova Navarro S.; Soler Aleixandre S. 2024. Genetic Diversity Assessment of 'Tomata Valenciana' Germplasm Using SPET Genotyping and Bioinformatic Analysis. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18682>

Abstract

Aiming to evaluate the genetic diversity present in the 'Tomata Valenciana' germplasm, a collection of 50 entries sourced from the Banco de Germoplasma del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) de la Universitat Politècnica de València (from now on Banco de Germoplasma COMAV-UPV) has been genotyped by means of the SPET (Single Primer Enrichment Technology). The results have been analyzed using bioinformatic software TASSEL (Trait Analysis by aSSociation Evolution and Linkage). The genetic information obtained was utilized for the classification, grouping, and comparison of various subtypes of tomatoes within this esteemed landrace originating from the Valencian region.

Keywords: 'Tomata Valenciana', genotyping, variety, subtype.

Resum

Amb l'objectiu d'avaluar la diversitat genètica que existeix en el germoplasma de la 'Tomata Valenciana', una col·lecció de 50 entrades procedents del Banco de Germoplasma del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) de la Universitat Politècnica de València (endavant referenciat com Banco de Germoplasma COMAV-UPV) ha sigut genotipada mitjançant la tecnologia SPET (Single Primer Enrichment Technology). Els resultats

han estat analitzats utilitzant el programari bioinformàtic TASSEL (Trait Analysis by aSSociation Evolution and Linkage). La informació genètica obtinguda ha sigut utilitzada per a la classificació, agrupació i comparació de diversos subtipus de tomata dins d'aquesta apreciada varietat autòctona originària de la regió valenciana.

Palabras clave: *'Tomata Valenciana', genotipado, variedad, subtipo.*

1. Introducció

La diversitat genètica serveix com a material primordial en el desenvolupament de noves varietats de cultiu, ja siga amb l'objectiu d'augmentar el rendiment o la qualitat nutricional, conferint resistència a plagues i malalties emergents, o facilitant el creixement en diverses condicions climàtiques. Les varietats locals o tradicionals, juntament amb els parentals silvestres dels cultius (CWR per les seues segles en anglés), són els pilars de la millora genètica de plantes ja que representen vora el 80% de la biodiversitat agrícola contemporània (Ebert, A. W. Engels, & J.M.M., 2020). Aquestes entitats encarnen poblacions dinàmiques de plantes cultivades amb rics llinatges històrics, identitats distintives i un mínim de treball aplicat sobre la varietat en lo que a millora del cultiu es refereix (Casañas et al., 2017). Normalment associades amb sistemes agrícoles tradicionals, les varietats locals han evolucionat gràcies a processos de selecció naturals i impulsats pels agricultors en entorns agrícoles de baixos ensums (Terzopoulos and Bebeli, 2008; Mavromatis et al., 2013). A més, aquest reservori genètic es caracteritza per una alta tolerància a l'estrés i adaptabilitat a l'entorn local (Acciarri et al., 2010; Digilio et al., 2010; Newton et al., 2011).

Centrant-se específicament en la tomaca, les informacions més antigues indiquen que, després de l'entrada de les primeres llavors pel port de Sevilla en el segle XVI, l'espècie va viatjar a Itàlia, on va captivar l'atenció dels botànics del Renaixement. Posterior a aquesta introducció, la tomaca va proliferar per tota la regió mediterrània i els països del sud d'Europa en els segles següents (van Andel T., et. al. 2022). Des de la seua introducció inicial fins a l'actualitat, la tomaca ha experimentat extenses interaccions amb les societats humanes i els diversos contextos ambientals al llarg de la regió mediterrània, establint-se aquesta com un centre secundari de diversificació de l'espècie. Això ha generat una plèthora de varietats tradicionals que es distribueixen per tot el sud d'Europa, les quals són el resultat de la selecció impulsada pels agricultors per adaptar-se als entorns i condicions de cultiu locals i ajustar-se als gustos de la població (Pons C., et. al. 2022). En el context del cultiu de la tomaca a Espanya, s'ha documentat una àmplia gama de varietats tradicionals, que exhibeixen variacions en les formes, mides, colors, sabors i textures del fruit, amb cada varietat ostentant un ric patrimoni cultural i una llarga tradició de cultiu en les diverses comunitats autònomes.

La 'Tomata Valenciana' és una varietat tradicional típica de la regió valenciana, a Espanya. Tradicionalment, el terme "Valenciana" ha sigut sovint utilitzat fora de la Comunitat Valenciana

com a designació general per a qualsevol varietat originada en aquesta àrea. No obstant això, el tipus varietal autèntic 'Valenciana' engloba varietats amb característiques molt específiques i discernibles. Originària principalment de L'Horta de València, el seu cultiu s'ha estès a causa dels seus excel·lents atributs de qualitat. El tipus varietal 'Valenciana' es distingeix per presentar tres morfologies de fruits diferents o subtipus delimitats pels seus trets morfològics observats des de la immaduresa fins a l'estat de maduració comercial: 'Mascllet', 'Blanca' o 'Femella' i 'Rotllo' (Cebolla-Cornejo, J., et al. 2007; Alcubierre, L. 2016; Soler, S., et al. 2017) (Fig. 1).

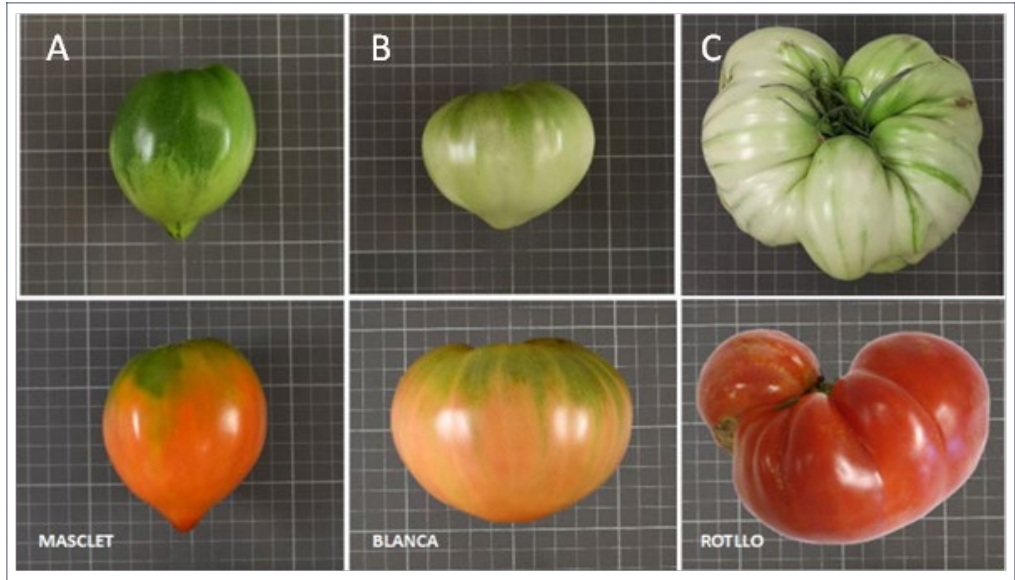


Fig. 1 A. Fotografia d'un fruit del subtipus 'Mascllet' en etapa immadura (dalt esquerra) i madur comercialment (baix esquerra); B. Fotografia d'un fruit del subtipus 'Blanca' en etapa immadura (dalt centre) i madur comercialment (baix centre); C. Fotografia d'un fruit del 'Rotllo' en etapa immadura (dalt dreta) i madur comercialment (baix dreta)

En aquest estudi, es desenvoluparà l'anàlisi genètica de 50 entrades procedents del BGV i referenciades per les dades de passaport com 'Tomata Valenciana' i 2 controls comercials mitjançant la tecnologia SPET. Es tracta d'una tecnologia de genotipat dirigit, basada en la seqüenciació de la regió que envolta un primer per permetre la descoberta de SNP (polimorfismes de nucleòtid únic) estretament relacionats. Els resultats del genotipat seran analitzats mitjançant software bioinformàtic per tal d'esclarir la potencial diversitat genètica existent en el germoplasma de la 'Tomata Valenciana'.

Les varietats tradicionals en general i la 'Tomata Valenciana' en particular són productes altament apreciats per la seua qualitat superior, culturalment significatius i amb implicacions tant econòmiques (a nivell regional principalment) com científiques (biodiversitat genètica). L'empra d'eines biotecnològiques com l'SPET és crucial en l'actualitat per a garantir una

adequada conservació i gestió de les varietats tradicionals, principalment als bancs de germoplasma.

2. Objectiu

L'objectiu principal d'aquesta caracterització genètica de germoplasma de 'Tomata Valenciana' és obtenir informació sobre la biodiversitat genètica existent en el cultiu amb la finalitat de fer més eficients els esforços de conservació dels recursos fitogenètics.

3. Material i Mètodes

Una col·lecció de 50 mostres de tomaques locals procedent del Banco de Germoplasma del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) de la Universitat Politècnica de València es van utilitzar en aquesta caracterització (Taula 1). A més, es van utilitzar dues varietats, externes a la col·lecció de mostres locals, com a controls. D'una banda, la varietat VLT es va utilitzar com a control de 'Tomata Valenciana' portant el gen de resistència $Tm2^2$ que confereix als individus protecció contra la infecció amb el virus del mosaic del tomàquet (ToMV) (Hall, 1980). D'altra banda, la varietat comercial MM-1 també es va utilitzar com a control.

Taula 1. Llistat de les entrades de tomaca de la col·lecció i els controls comercials. T.V = Varietat Tradicional; B.L = Breeding line; C.V = Varietat comercial.

ABREVIATURA	CODI	ORIGEN		TIPUS DE MATERIAL
		POBLE	COMARCA	
ALC1	SL-ALCUDIA-1	ALCUDIA	LA RIBERA ALTA	T.V.
CAU1	SL-CAUIDIEL-1	CAUIDIEL	ALTO PALANCIA	T.V.
ALB2	SL-ALBORAIA-2	ALBORAIA	L'HORTA NORD	T.V.
PAT1	SL- PATERNA-1	PATERNA	L'HORTA OEST	T.V.
VLC1	SL-VALENCIA-1	VALENCIA	VALENCIA	T.V.
ELP1	SL-ELPERELLO-1	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	T.V.
ELP2	SL-ELPERELLO-2	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	T.V.
ELP3	SL-ELPERELLO-3	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	T.V.
ALG1	SL-ALGINET-1	ALGINET	LA RIBERA ALTA	T.V.
MEL3	SL-MELIANA-3	MELIANA	L'HORTA NORD	T.V.
MEL2	SL-MELIANA-2	MELIANA	L'HORTA NORD	T.V.
XEL1	SL-XELVA-1	XELVA	LOS SERRANOS	T.V.
SUE1	SL-SUECA-1	SUECA	LA RIBERA BAIXA	T.V.
TUR1	SL-TURIS-1	TURIS	LA RIBERA ALTA	T.V.
TTO2	SL-TORRESTORRES-2	TORRES TORRES	CAMP DE MORVEDRE	T.V.
TTO1	SL-TORRESTORRES-1	TORRES TORRES	CAMP DE MORVEDRE	T.V.
MEL1	SL-MELIANA-1	MELIANA	L'HORTA NORD	T.V.
TOR1	SL-TORRENT-1	TORRENT	L'HORTA OEST	T.V.
BET1	SL-BETERA-1	BETERA	CAMP DEL TURIA	T.V.
ALD1	SL-ALBAIDA-1	ALBAIDA	LA VALL D'ALBAIDA	T.V.
VLT		-	-	B.L.
CAT1	SL-CATARROJA-1	CATAROJA	L'HORTA SUD	T.V.
CAT3	SL-CATARROJA-3	CATAROJA	L'HORTA SUD	T.V.
REQ1	SL-REQUENA-1	REQUENA	LA PLANA UTIEL	T.V.
SAG1	SL-SAGUNT-1	SAGUNT	CAMP DE MORVEDRE	T.V.
SIL1	SL-SILLA-1	SILLA	L'HORTA SUD	T.V.
CAT2	SL-CATARROJA-2	CATAROJA	L'HORTA SUD	T.V.
PUI1	SL-ELPUIG-1	EL PUIG	L'HORTA NORD	T.V.
STM3	SL-SANTMATEU-3	SANT MATEU	BAIX MAESTRAT	T.V.
TOG1	SL-TOGA-1	TOGA	ALT MILLARS	T.V.
SUE2	SL-SUECA-2	SUECA	LA RIBERA BAIXA	T.V.
BET2	SL-BETERA-2	BETERA	CAMP DEL TURIA	T.V.
SEG1	SL-SEGORBE-1	SEGORBE	ALT PALANCIA	T.V.
PIN1	SL-PINEDO-1	PINEDO	L'HORTA SUD	T.V.
POV1	SL-LAPOBLADEVALLBONA-1	LA POBLA DE VALLBONA	CAMP DEL TURIA	T.V.
PIC1	SL-PICANYA-1	PINCANYA	L'HORTA OEST	T.V.
UTL1	SL-UTIEL-1	UTIEL	LA PLANA UTIEL	T.V.
ELI1	SL-L'ELIANA-1	L'ELIANA	CAMP DEL TURIA	T.V.
PUÇ1	SL-PUÇOL-1	PUÇOL	L'HORTA NORD	T.V.
RAF1	SL-RAFELBUNYOL-1	RAFELBUNYOL	L'HORTA NORD	T.V.
CDF1	SL-CAUDETDELASFUENTES-1	CAUDETE DE LAS FUENTES	LA PLANA UTIEL	T.V.
NAQ1	SL-NAQUERA-1	NAQUERA	CAMP DE L TURIA	T.V.
NAQ2	SL-NAQUERA-2	NAQUERA	CAMP DEL TURIA	T.V.
ELI2	SL-L'ELIANA-2	L'ELIANA	CAMP DEL TURIA	T.V.
GOD1	SL-GODELLA-1	GODELLA	L'HORTA NORD	T.V.
ABT1	SL-ALBALATDELARIBERA-1	ALBALAT DE LA RIBERA	LA RIBERA BAIXA	T.V.
ABT2	SL-ALBALATDELARIBERA-2	ALBALAT DE LA RIBERA	LA RIBERA BAIXA	T.V.
AGT7	SL-AGULLENT-7	AGULLENT	LA VALL D'ALBAIDA	T.V.
ALB1	SL-ALBORAIA-1	ALBORAIA	L'HORTA NORD	T.V.
CDC1	SL-CASTELLONETDELA CONQUESTA -1	CASTELLONET DE LA CONQUESTA	LA SAFOR	T.V.
AGT8	SL-AGULLENT-8	AGULLENT	LA VALL D'ALBAIDA	T.V.
MM-1	MONEYMAKER-1	-	-	C.V.

3.1. Processament de les mostres per a l'obtenció de l'ADN

S'agafaren mostres de fulla de les plantes en camp amb tubs Eppendorf de 2 mL i posteriorment es congelaren a -80°C fins al seu processat. L'extracció d'ADN es va realitzar utilitzant el protocol SILEX, que és un protocol d'extracció d'ADN d'alt rendiment, basat en el mètode CTAB estàndard amb una recuperació de matriu de sílice d'ADN, permetent obtenir ADN genòmic de plantes de pes molecular alt de qualitat NGS lliure de compostos inhibidors (Vilanova, et al. 2020).

3.2. Genotipat de les entrades

El conjunt de 52 varietats va ser genotipat mitjançant Single Primer Enrichment Technology o SPET (Nugen®, Patent dels Estats Units 9,650,628). L'empres de genotipat de primers únics simplifica el disseny del panell permetent alts nivells de multiplexatge (Fig. 2). Aquesta estratègia de genotipat requereix informació genòmica prèvia per dissenyar les sondes ja que estan dissenyades contigües a un SNP (Barchi L, et al. 2019).

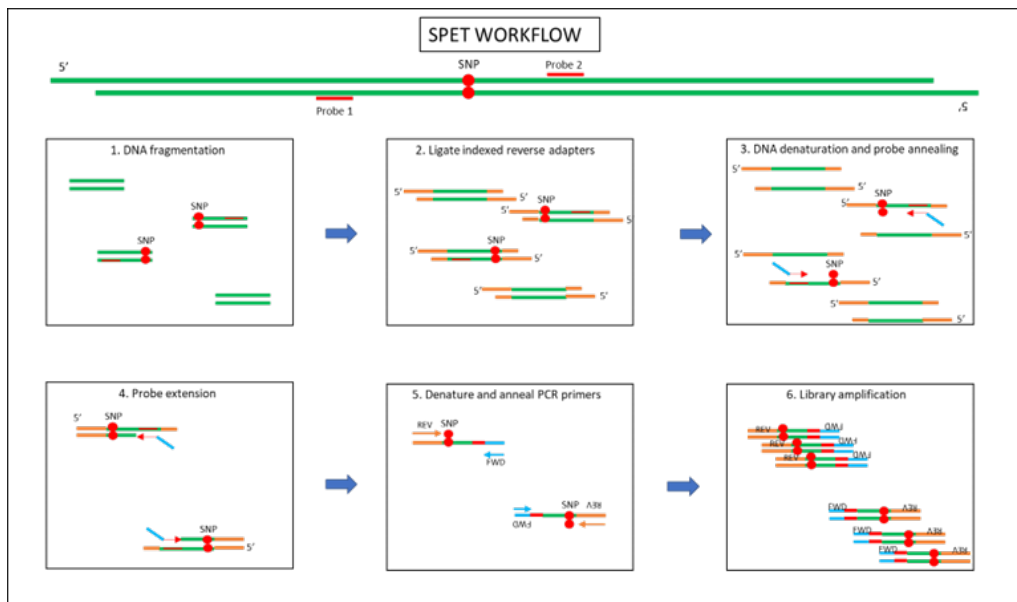


Fig. 2 Representació esquemàtica del procés de genotipat mitjançant la tecnologia SPET

Els resultats, rebuts en Variant Calling Format (VCF), van servir com a punt de partida per a l'anàlisi genètic a nivell molecular. En aquest context, un fitxer '.vcf' és el resultat d'un procés bioinformàtic, especificant el format d'un fitxer de text utilitzat en bioinformàtica per emmagatzemar variacions en seqüències genètiques. Normalment, una mostra d'ADN es seqüencia a través d'un sistema de seqüenciació de següent generació (NGS per les seues sigles a l'anglès), produint un fitxer de seqüència en cru, conegut com 'raw reads'. Posteriorment, les

dades de seqüència s'alineen, i es generen els fitxers BAM/SAM. A continuació, es realitza el Variant Calling o SNP calling, identificant els canvis en el genoma analitzat comparat amb el genoma de referència. El resultat s'emmagatzema en un format '.vcf' per a anàlisis posteriors.

L'anàlisi bioinformàtic d'aquests SNPs es va dur a terme mitjançant l'eina TASSEL v5.2.90. És un paquet de software utilitzat per avaluar associacions de característiques, patrons evolutius i desequilibri d'enllaç. Entre les virtuts d'aquest programa es troben: L'oportunitat d'utilitzar una sèrie de noves i poderoses aproximacions estadístiques per a la cartografia d'associació com ara un General Linear Model (GLM) i un Mixed Linear Model (MLM). MLM és una implementació de la tècnica Unified Mixed-Model Method for Association Mapping que redueix l'error de Tipus I en la cartografia d'associació amb pedigris complexos, famílies, efectes fundadors i estructura poblacional. Una altra virtut d'aquesta eina és la capacitat de gestionar una àmplia gamma d'indels (insercions i delecions).

4. Resultats

El fitxer '.vcf' amb la informació genètica va ser carregat en TASSEL per a procedir amb l'anàlisi. Per tal d'eliminar informació espúria i SNP falsos potencialment resultat d'errors de seqüenciació, es van aplicar els següents filtres: Site Count = 52; Minimum Allele Frequency = 0,05; Maximum Allele Frequency = 0,95; Maximum Heterozygous Proportion = 0,75. Un cop filtrats, dels 44315 SNP originals del fitxer vcf, es va eliminar el 96,64% del total, resultant en una quantitat final de 1490 SNP robustos i fiables que es van utilitzar per a procedir amb l'anàlisi. El programa TASSEL també conté eines per a l'anàlisi genètic, les quals, en aquest cas, seran principalment utilitzades per a avaluar la variabilitat genètica i visualitzar els resultats a través de diferents representacions gràfiques.

Inicialment, es va realitzar una PCA incorporant totes les entrades de la col·lecció i els controls, com es mostra a la Figura 3. Es pot observar que la majoria de les varietats estan agrupades en la part central de l'espai de components principals. A més, es vislumbra una desviació espacial d'aquest agrupament central a l'esquerra, on estan situades ELP1, ELP2 i ELP3. En contrast, es pot observar una distribució espacial alternativa a la part superior dreta, amb RAF1, ELI2, CDF1 i TTO2.

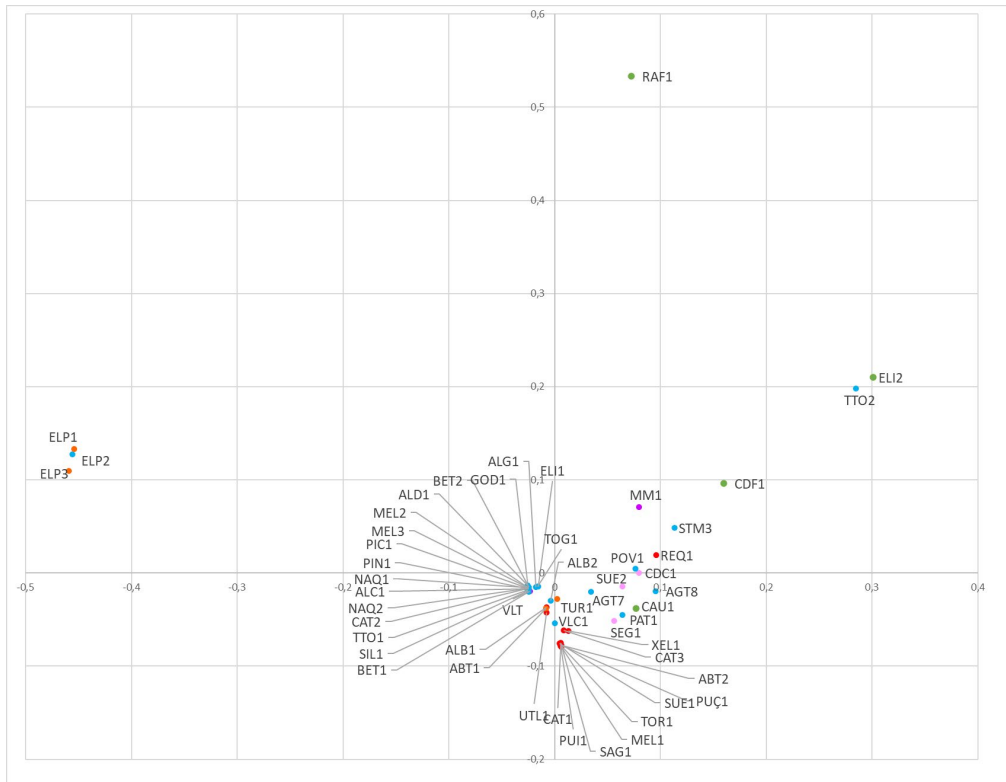


Fig 4. ACP de la col·lecció de 'Tomata Valenciana' basada en els 1490 SNP resultants de l'anàlisi genètica. Les mostres han estat colorades segons la tipologia de cada entrada determinada per les seues característiques morfoagronòmiques. Blau = "Blanca"; Roig = "Masclat"; Taronja = "Intermèdia"; Rosa = "Rosa"; Verd = "Fora de tipus"; Lila = "Control"

El posicionament de les ELP (ELP1, ELP2 i ELP3) obeeix a la seua condició de varietats millorades per la introgressió del gen *Tm2²* en homocigosi amb l'objectiu de fer aquestes varietats més robustes front a malalties típiques del cultiu. La introgressió de gens sol portar associada la introducció en les varietats de fragments d'ADN lligats genèticament a les regions gèniques que determinen aquestes resistències, encara que no estiguen implicats de forma directa en aquestes, fenomen conegut com 'linkage drag' (Kashyap, A., et. Al. 2022). D'aquesta manera, era d'esperar que aquestes 3 entrades presentaren diferències respecte a la resta de la població si s'hi té en compte exclusivament la informació genètica.

D'altra banda, tenim RAF1, ELI2 i CDF1. Aquestes entrades, juntament amb CAU1, van ser incloses en la col·lecció avaluada al figurar com a varietats tipus valencià en les dades de recol·lecció, però després de la seua caracterització morfoagronòmica, han sigut catalogades com a varietats "Fora de tipus" perquè no s'ajusten als estàndards de lo que es considera 'Tomata

Valenciana'. També s'evidencia a nivell genètic excepte en el cas de CAU1 que sí que s'agrupa amb les entrades valencianes. Com també s'ha citat ja, pot ser degut a que siga resultat d'un creuament amb formes o varietats de tomaca tipus 'Valenciana'. Destacar el cas de l'entrada TTO2. Aquesta també es diferencia de la resta d'entrades tot i que, aparentment, és una tomaca de tipus valenciana.

Malgrat la informació que es pot extraure d'aquest anàlisi inicial, és important assenyalar que la presència d'entrades genèticament llunyanes del nucli de la col·lecció de tomaques valencianes dificulta l'avaluació de la seua variabilitat genètica interna. Això complica la selecció d'entrades que formarien part de la futura col·lecció principal. Per tant, les entrades ELP1, ELP2, ELP3 i RAF, que van introduir el soroll més gran en l'anàlisi, van ser excloses.

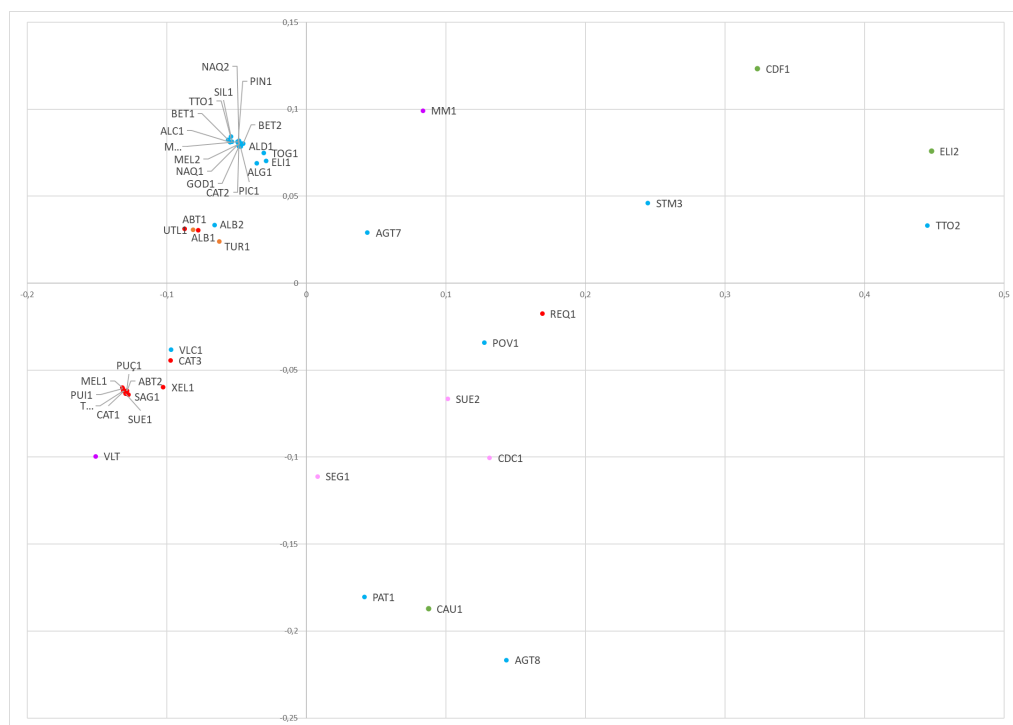


Fig. 5 ACP de la col·lecció de 'Tomata Valenciana' basada en els 1490 SNP resultants de l'anàlisi genètic, en aquest cas, sense les entrades ELP1, ELP2, ELP3 i RAF.

El codi de colors es manté igual al del PCA de la Figura 4

En aquest nou PCA (Figura 5), la disposició espacial de les entrades és més clara i permet diferenciar diverses agrupacions mostrejades. Els dos controls, VLT i MM, es disposen en la part central del gràfic. A més, aquest segon ACP permet observar moltes entrades que fenotípicament es consideren 'Tomata Valenciana' no s'agrupen genotípicament amb el subtípus que se'ls suposa, com és el cas del tipus 'Rosat' (SEG1, SUE2 i CDC1). Aquestes entrades

inicialment també formaven part de la col·lecció, però la seua morfologia, així com el seu color rosa-taronja, van determinar que pertanyen a un subconjunt apart, encara que probablement derivat de varietats de Tomata Valenciana.

A la part superior esquerra de l'espai de components principals, colorades de blau, es troben les mostres que, després de la caracterització morfoagronòmica, van ser catalogades com a tipologia 'Blanca'. Més avall, a la zona esquerra, s'agrupen les mostres de tipus 'Masplet', colorades en vermell. Entre aquestes 2 agrupacions es forma un petit grup de mostres que confirma les sospites derivades de la caracterització morfoagronòmica de la col·lecció, en les quals es va intuir que és possible que existisca una tercera tipologia, catalogada inicialment com a 'Intermèdia' amb característiques compartides entre el tipus 'Blanca' i 'Masplet'.

5. Conclusions

La caracterització genètica d'aquesta col·lecció d'entrades de tomata Valenciana té una importància crucial en l'àmbit agrícola i científic. A través d'aquest procés, es pot obtenir informació detallada sobre la diversitat genètica present en aquestes entrades. Complementant la caracterització morfoagronòmica tradicional, que se centra en aspectes visibles de la planta i els seus fruits com l'hàbit de creixement, tipus de fulla, mida, color i rendiment dels fruits, la caracterització genètica ofereix una comprensió més profunda de la base genètica subjacent a aquestes característiques. Esta combinació d'enfocaments facilita la selecció i el desenvolupament de varietats de tomata amb unes característiques superiors.

La caracterització genètica, a més, refrena observacions donades durant la caracterització morfoagronòmica i permet descobrir característiques imperceptibles a l'ull humà o altres que poden estar camuflades o influenciades per factors ambientals que impedeixen la seua anàlisi fenotípica amb precisió. En aquest cas d'estudi, gràcies a la caracterització genètica realitzada mitjançant SPET i TASSEL s'ha descobert entre altres coses que les entrades catalogades com a 'Fora de tipus', no es corresponien amb varietats de tipus valencià. A més, també ha sigut possible identificar varietats en la col·lecció que, malgrat ser considerades com a tradicionals, són el resultat de programes de millora genètica (ELP-1, ELP-2 i ELP-3) i entrades de tipus 'Rosat' (SEG1, SUE2 i CDC1) que tampoc haurien de pertànyer a una col·lecció de tomata Valenciana.

D'altra banda, la disposició espacial de les mostres en el PCA (Figura 5) corrobora les sospites que havien derivat de la caracterització dels fruits d'algunes entrades. De l'anàlisi fenotípica dels fruits s'intuïa l'existència de varietats que no es podien classificar en les tipologies tradicionals ('Masplet' i 'Blanca') ja que mostraven fenotips a cavall entre aquestes. Estes entrades, catalogades com a 'Intermitges' (ABT1, TUR1 i UTL1), podrien formar part d'un nou subtipus de tomata Valenciana que fins a la data no s'ha considerat com a tal juntament amb altres entrades de la col·lecció que espacialment es situen prop d'elles (ALB1 i ALB2).

6. Agraïments

Aquest estudi forma part del programa AGROALNEXT i està recolzat pel Ministeri de Ciència i Innovació (MICIU) amb finançament de la Unió Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) i la Generalitat Valenciana.

7. Referències bibliogràfiques

- Acciarri, N., Sabatini, E., Ciriaci, T., Rotino, L. G., Valentine, D., and Tamietti, G. (2010). The presence of genes for resistance against *verticillium dahliae* in Italian tomato landraces. *Eur. J. Hortic. Sc.* 75 (1), 8–14. 1611–4426
- Alcubierre, L. (2016). Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades tradicionales de tomate [Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València]. Riunet.
- Barchi L, Acquadro A, Alonso D, Aprea G, Bassolino L, Demurtas O, Ferrante P, Gramazio P, Mini P, Portis E, Scaglione D, Toppino L, Vilanova S, Díez MJ, Rotino GL, Lanteri S, Prohens J and Giuliano G (2019) Single Primer Enrichment Technology (SPET) for High-Throughput Genotyping in Tomato and Eggplant Germplasm. *Front. Plant Sci.* 10:1005. doi: 10.3389/fpls.2019.01005
- Casañas, F., Simó, J., Casals, J., and Prohens, J. (2017). Toward an evolved concept of landrace. *Front. Plant Sci.* 8. doi: 10.3389/fpls.2017.00145
- Cebolla-Cornejo, Jaime & Soler, S & Nuez, F. (2007). Genetic erosion of traditional varieties of vegetable crops in Europe: tomato cultivation in Valencia (Spain) as a case Study. *International Journal of Plant Production.* 1.
- Digilio, M. C., Corrado, G., Sasso, R., Coppola, V., Iodice, L., Pasquariello, M., et al. (2010). Molecular and chemical mechanisms involved in aphid resistance in cultivated tomato. *New Phytol.* 187, 1089–1101. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03314.x
- Ebert AW, Engels JMM. Plant Biodiversity and Genetic Resources Matter! *Plants.* 2020; 9(12):1706. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>
- Hall, T. J. 1980. Resistance at the Tm-2 locus in the tomato to tomato mosaic virus. *Euphytica* 29:189-197.
- Kashyap, A., Garg, P., Tanwar, K. et al. Strategies for utilization of crop wild relatives in plant breeding programs. *Theor Appl Genet* 135, 4151–4167 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04220-x>
- Mavromatis, A. G., Athanasouli, V., Vellios, E., Khah, E., Georgiadou, E. C., Pavli, O. I., et al. (2013). Characterization of tomato landraces grown under organic conditions based on molecular marker analysis and determination of fruit quality parameters. *J. Agric. Sci.* 5, 239–252. doi: 10.5539/jas.v5n2p239
- Newton, A. C., Akar, T., Baresel, J. P., Bebeli, P. J., Bettencourt, E., Blanenopoulos, K. V., et al. (2011). Cereal landraces for sustainable agriculture. *J. Agron. Sustain. Dev.* 30 (2), 237–269. doi: 10.1007/978-94-007-0394-0_10

Avaluació de la diversitat genètica del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' utilitzant el genotipat SPET i l'anàlisi bioinformàtic

- Soler, S.; Figàs, MR. & Prohens Tomàs, J. (2017). I Congrés de la tomaca valenciana. La tomaca valenciana d'el Perelló. Universitat Politècnica de València.
- Terzopoulos, P. J., and Bebeli, P. J. (2008). DNA And morphological diversity of selected Greek tomato. *Scientia Horti*. 116, 354–361. doi: 10.1016/j.scienta.2008.02.010
- van Andel T, Vos RA, Michels E, Stefanaki A. Sixteenth-century tomatoes in Europe: who saw them, what they looked like, and where they came from. *PeerJ*. 2022 Jan 17;10:e12790. doi: 10.7717/peerj.12790. PMID: 35111406; PMCID: PMC8772448.



Identificació de marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana utilitzant l' Atlas de Tomata Tradicional Europea

Identification of genetic and phenotypic markers for Tomata Valenciana Typologies using the Tradional European Tomato Atlas

Clara Pons^a, Savador Soler^b, Antonio J. Monforte^a i Antonio Granell^a

^aInstituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, (CSIC-UPV), cpons@upvnet.upv.es, ^bInstituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana.

How to cite: Pons, C.; Monforte, A.J.; Granell, A.; Pérez-Martínez, J.A. 2024. Identificació de marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana utilitzant l' Atlas de Tomata Tradicional Europea. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVL2024.2024.18684>

Abstract

Southern Europe is a secondary center of tomato diversification, especially in the Mediterranean basin, with a wide variety of types adapted to the environment. Recent studies have revealed extensive genetic and phenotypic variability, mainly related to fruit shape and color. In the Valencia region, the 'Valenciana' tomato is one of the most well-known and valued varieties, with three main typologies based on morphological characteristics. As visual classification is prone to errors, it is necessary to develop robust and reliable methods for classifying 'Valenciana' tomato accessions such as those based on genetic and phenotypic traits. In this work, by MFA integrating phenotypic and genotypic data followed by HCPC analysis, we have produced molecular and phenotypic signatures for each type of typology, allowing for a reliable and objective classification of the different typologies.

Keywords: *Tomato 'Valenciano', phenotype, genotype, data mining, data Integration, classification*

Resum

El sud d'Europa és un centre secundari de diversificació de la tomata, especialment a la conca Mediterrània, amb una gran varietat de tipus adaptats al medi. Estudis recents han revelat una àmplia variabilitat genètica i fenotípica, principalment relacionada amb la forma i el color del fruit. A la regió de València, la tomata 'Valenciana' és una de les

varietats més conegudes i apreciades, amb tres tipologies principals basades en característiques morfològiques. Donat el risc d'errors associat a la classificació visual, és necessari buscar mètodes fiables per a la classificació de les accessions de tomata 'Valenciana' basades en característiques genètiques i fenotípiques. En aquest treball, mitjançant la integració de dades fenotípiques i genotípiques amb un anàlisi MFA seguit de HCPC, hem identificat signatures moleculars i fenotípiques per a cada tipus de tipologia, permetent una classificació fiable i objectiva de les diferents tipologies

Paraules clau: *Tomata 'Valenciana', fenotip, genotip, mineria de dades, integració de dades, classificació*

1. Introducció

Des de la seua arribada a Europa (a principis del segle XVI), la tomata va ser ràpidament adoptada a les dietes espanyoles i italianes (Gentilcore, 2009; López-Terrada, 2017) i, posteriorment, des del segle XVIII, a les cuines de la resta de països europeus, i posteriorment a la resta del món [3]. El sud d'Europa és un centre secundari de diversificació de la tomata (Blanca 2022), sent la conca Mediterrània una de les regions amb major diversitat en varietats locals (Mazzucato et al., 2008). En aquestes regions s'han desenvolupat un gran nombre de varietats locals de consum en fresc, llarga vida i processat adaptades al medi on es cultiven, amb fruits de diferents formes i colors. Estudis recents en una col·lecció de més de 1500 tomàquets tradicionals europeus (Blanca et al., 2022; Pons et al., 2023, 2022) han revelat una àmplia variabilitat genètica i fenotípica en la tomata tradicional Europa. Aquesta diversificació sembla que ha estat especialment dirigida per trets relacionats amb la forma i el tamany del fruit, principalment associats a l'ús culinari diferent en cada país i regió (Pons et al., 2022). A banda, aquest estudi també ha posat de manifest que el color del fruit sembla estar més relacionat amb les preferències "estètiques" en cada país, que amb el seu ús (Pons et al., 2022).

A la regió de València, les principals varietats tradicionals de tomata són les anomenades 'de borseta', 'del pebre', 'de penjar', 'de pruna', 'Mutxamel' i 'Valenciana' (Cebolla-Cornejo, Roselló, & Nuez, 2013; Figàs, Prohens, Casanova, Fernández-de-Córdova, & Soler, 2018). Entre elles, la tomata 'Valenciana' és una de les varietats més conegudes i apreciades per les seues propietats organolèptiques (Soler, 2024). Als últims anys, el interès per les tomates tradicionals augmenta cada vegada més, promocionat per un consum de producte local, i la creença de que les varietats locals solen tenir propietats nutritives i sensorials superiors ("una creença de "sabor del passat") (Casañas, Simó, Casals, & Prohens, 2017). El cas de la tomata 'Valenciàna' és un exemple de l'interès creixent per les varietats tradicionals de tomata. En els últims deu anys, ha mostrat una projecció econòmica molt notable, amb una producció comercialitzada anual superior a 1.250.000 kg i un valor d'aquesta producció de més de dos milions d'euros (Soler, 2024). Al

respecte, és vital la realització d'estudis sobre la diversitat que presenten les varietats locals d'aquest tipus de tomata i com conservar-les mitjançant el seu cultiu (Figàs et al., 2018).

Els fruits de tomata 'Valenciana' són, en general, fruits de gran mida, amb lòculs petits distribuïts de forma irregular al voltant del cor de secció circular. A partir de característiques com la intensitat de l'espalla del fruit, el color del fruit immadur i l'apuntament del fruit, s'han establert tres tipologies de Tomata Valenciana: *Masplet*, *Blanca* i *Intermedia* (Soler, 2024). El tipus *Masplet* es caracteritza per presentar un gran apuntament, menor amplada de fruit, uns muscles verd intens i un color de fruit immadur verd fosc. Pel que fa al tipus *Blanca*, té una forma de cor més aplanada, una part posterior sovint menys pronunciada i un color verd més atenuat o blanquinos en estadiu immadur, el que dona nom al tipus. El fruit madur té un color vermell intens. Generalment, tant el tipus *Masplet* com el *Blanca* tenen lòculs petits en gran nombre, que en el tipus *Masplet* es troben més agrupats, de forma més regular i en menor nombre que en la tipologia *Blanca*. Finalment, la tipologia *Intermedia* mostra característiques típiques del tipus *Masplet*, i altres són típiques del grup *Blanca*. Aquest tipus presenta una major amplada de fruit, menor coloració verda als muscles, menor apuntament o nul, més pes i fruit immadur de color més clar. A banda, podríem incloure un quart tipus, la tomata 'Valenciana' *Rosa*, que presenta característiques semblants a la blanca, però de coloració rosa.

No obstant això, aquesta caracterització generalment es fa visualment, el que dificulta identificar de manera específica i objectiva les diferents tipologies. El coneixement de les característiques fenotípiques, genètiques i bioquímiques distintives de cada tipologia, així com la seua diversitat i estructura genètica, són claus tant per a la seua valorització i conservació com per desenvolupar estratègies òptimes per a la seua millora.

Recentment, hem desenvolupat un Atlas de diversitat fenotípica, genotípica i geogràfica present en la tomata tradicional Europea (Pons et al., 2022), utilitzant una col·lecció de 1489 accessions de tomata (col·lecció TRADITOM). Aquesta col·lecció l'hem usada per desvetllar les bases moleculars de la diversitat fenotípica de la tomata que es cultiva, o s'ha cultivat, al sud d'Europa als últims 70 anys. Aquest treball, el més gran realitzat fins el moment en tomata, ens ha permès identificar els principals tipus agromorfològics de tomata cultivats al sud d'Europa. A banda, mitjant, un meta-anàlisi d'associació de genoma ampli (GWAS), vam identificar i validar creuadament 1486 associacions per a 70 trets en 211 loci, diversos dels quals amb potencials efectes pleiotròpics. Finalment, en aquest estudi, vam identificar signatures moleculars i combinacions de loci que van revelar diferents històries genètiques i els fonaments de la variació fenotípica de diferents tipus de tomata al sud d'Europa.

Amb l'objectiu de poder identificar característiques fenotípiques i genètiques distintives per a definir i classificar correctament les accessions de tomata 'Valenciana' en aquest treball hem fet mineria de dades en l'Atlas de Tomata Tradicional. En aquest treball, proporcionem una sèrie de marcadors genètics i fenotípics necessaris per a poder diferenciar objectivament entre les

diferents tipologies de tomata 'Valenciana', que seran de gran utilitat per a la seua classificació, valorització i conservació, així com per desenvolupar estratègies òptimes per a la seua millora.

2. Materials i mètodes

2.1. Dades

Fer a aquest estudi es van utilitzar les dades fenotípiques i genètiques generades a l'Atlas de Tomata Tradicional (Pons et al., 2022). A les dades es pot accedir directament des de la pagina web <https://www.gateway.harnesstom.eu/>. Per a les dades fenotípiques es va utilitzar les dades del estudi PERELLO_summer15 (<https://www.gateway.harnesstom.eu/study/>) generades als camps experimentals del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana. La matriu genotípica correspon a Variant_set_TRADITOM.vcf (<https://www.gateway.harnesstom.eu/variant/set/metadata/>). Els fitxers es van filtrar per obtenir les dades fenotípiques i genètiques de 53 tomates 'Valencianes' (Taula 1) amb les que es va treballar posteriorment.

Taula 1. Procedència de las entrads de Tomata 'Valenciana' en la col·lecció TRADITOM i tipologia assignada visualment a les dades de passaport

Tipologia	Accesió	Lloc recolecció	Província	Regió
BLANCA	TRVA2340	Cabanes	Castelló	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3220	Toga	Castelló	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2350	Vilanova d'Alcolea	Castelló	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2940	Agullent	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2950	Albalat de la Ribera	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1880	Albuixech	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2630	Alginet	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2570	Almussafes	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1250	Chelva	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1940	Cullera	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA0020	El Perelló	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1920	El Perelló	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2580	El Perelló	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2610	El Perelló	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3130	El Puig	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1930	Foios	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3140	La Pobla de Vallbona	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2070	L'Alcúdia	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3050	L'Elinana	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2330	Macastre	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1960	Moncada	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1970	Moncada	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2320	Museros	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3080	Naquera	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2050	Paterna	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3100	Picanya	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2590	Picassent	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3110	Pinedo	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2620	Quatretonda	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3240	Torres Torres	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1800	Turís	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3250	Turís	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA3260	Utiel	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA1860	València	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA2310	Villargordo del Cabriel	València	Comunitat Valenciana
BLANCA	TRVA0990	Jiménez de Jamuz	León	Castilla y León
INTERMITJA	TRVA1850	Moncada	València	Comunitat Valenciana
INTERMITJA	TRVA2120	Paterna	València	Comunitat Valenciana
INTERMITJA	TRVA3190	Silla	València	Comunitat Valenciana
INTERMITJA	TRVA1620	València	València	Comunitat Valenciana
INTERMITJA	TRVA2360	València	València	Comunitat Valenciana
INTERMITJA	TRVA2180	Cobatillas	Murcia	Murcia
MASCLET	TRVA3200	Sant Joan d'Alacant	Alacant	Comunitat Valenciana
MASCLET	TRVA3120	Puçol	València	Comunitat Valenciana
MASCLET	TRVA3180	Sagunt	València	Comunitat Valenciana
MASCLET	TRVA3210	Sueca	València	Comunitat Valenciana
MASCLET	TRVA3230	Torrent	València	Comunitat Valenciana
MASCLET	TRVA1950	Vinalesa	València	Comunitat Valenciana
VAL-ROSA	TRVA2920	Agullent	València	Comunitat Valenciana
VAL-ROSA	TRVA2970	Bocairent	València	Comunitat Valenciana
VAL-ROSA	TRVA3010	Castellonet de la Conquesta	València	Comunitat Valenciana
VAL-ROSA	TRVA3170	Set Aigües	València	Comunitat Valenciana

2.2. Anàlisi multifactorial i l'agrupació jeràrquica sobre components principals fenotípic

El anàlisi multifactorial (MFA) i l'agrupació jeràrquica sobre components principals (HCPC, de l'angles hierarchical clúster of principal componets) es van realitzar utilitzant el paquet Factominer de R (Husson, Josse, & Pages, 2010) els paquets de R FactoMiner i Factoextra (Kassambara, 2017; Lê, Josse, & Husson, 2008). Per al MFA les variables contínues es van escalar i es van seleccionar les configuracions estàndard del programa. Totes les variables es van establir com a actives. Les variables es van representar en el pla descrit per les dimensions principals del MFA. Les correlacions quadrades entre les variables (o grup de variables) i les dimensions es van utilitzar com a coordenades. Per definir els grups de variables o les variables més importants per explicar la variabilitat en el conjunt de dades, es va calcular la contribució total d'un grup de variables o una variable en explicar la variació retinguda per les n -dimensions ($C_{j,n}$) (Kassambara, 2017). El punt de tall de la contribució per a una variable j es va calcular suposant una contribució uniforme de la variable, de manera que el valor de la contribució esperada per a la variable j a la dimensió i és $1/Y$, on Y és el nombre total de variables.

Taula 2. Grups de variables i variables fenotípiques utilitzades en aquest estudi

Grup	Variables	Tipus de variable
<i>aparença externa</i>	Fasciació del fruit, nervadura a la part de calix	qualitativa
<i>aparença interna</i>	Oquetat del fruit	qualitativa
<i>aparença dels muscles</i>	Forma i color dels muscles	qualitativa
<i>tipus</i>	Tipologia tomata 'Valenciana'	qualitativa
<i>mida</i>	Area, amplària màxima, amplària a mitat llargaria, amplària a la posició més ampla, pes del fruit, llargaria a mitad d'amplària, màxima llargaria	quantitativa
<i>forma distal</i>	Angle distal macro, angle distal micro, afonament del la part distal, index de la area distal, excentritat distal	quantitativa
<i>forma proximal</i>	Angle proximal macro, angle proximal micro, tancament del la part proximal, index de la area proximal, excentritat proximal, llargaria dels muscles	quantitativa
<i>lòculs</i>	Nombre de lòculs, lobulació	quantitativa
<i>Index de forma</i>	Index de forma externa I, Index de forma externa II, Index de forma interna	quantitativa
<i>qualitat</i>	Fermesa del fruit, sòlids solubles (°Brix), color extern de fruit a l'espai CIELAB a, b L	quantitativa

L'agrupació jeràrquica sobre components principals (HCPC, de l'angles hierarchical clúster of principal componets) es va realitzar utilitzant el paquet Factominer de R (Husson et al., 2010) sobre els resultats de les primeres 5 dimensions del MFA, utilitzant la distància euclidiana com a mètrica de distància i el criteri de Ward com a algorisme aglomeratiu. El nombre òptim de

clústers es va seleccionar satisfent tres criteris: (i) el gran nombre de clústers que (ii) maximitzen la pèrdua relativa d'inèrcia (Husson et al., 2010) i (iii) maximitzen el nombre d'accions per tipologia.

L'enriquiment de característiques que defineixen cada clúster es va obtenir calculant el valor de *v.test*, que compara la proporció d'accions en el clúster que comparteixen una característica, en comparació amb la proporció global. Les característiques amb un valor de $p \leq 0.05$ es van considerar significatives. El signe del *v.test* indica si la proporció en la que es troba la variable en el clúster està enriquida (en el cas de les variables qualitatives) o la mitjana de la variable en el clúster és més gran que la mitjana en el conjunt de dades complet (en el cas de les variables quantitatives). La selecció de SNPs en base al MFA-HCPC es va fer tenint en compte aquells SNPs que estaven presents o absents a totes accions dins d'un mateix clúster.

2.3. Anàlisi molecular

Per realitzar les anàlisis moleculars es va utilitzar una matriu amb les 53 accions de tomata 'Valenciana' i 2204 SNPs (del anglès, single nucleotide polymorphism) amb un MAF > 0,01 i una presència de SNPs >70% en les accions. El conjunt de tomata 'Valenciana' va ser analitzat amb els marcadors SNP seleccionats utilitzant Multidimensional Scaling Analysis (MDS). Primerament, es va calcular una matriu de distància Identity-By-State (IBS) entre parells de SNPs, i després es realitza l'anàlisi MDS. El filtrat i MDS es van fer utilitzant programa TASSEL v5.0. La visualització del MDS es va fer utilitzant el paquet de R plotly.

3. Resultats i Discussió

Aquest treball té com a objectiu identificar marcadors genètics i fenotípics per a una classificació precisa de les accions de tomata 'Valenciana'. Per avaluar els trets que expliquen les diferències entre les diferents tipologies de tomata 'Valenciana', primer es va realitzar un anàlisi MFA.

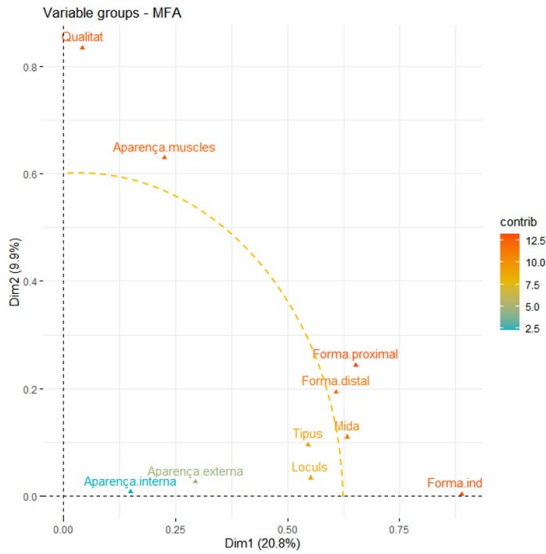


Figura 1. Mapa de factors variables que il·lustra la contribució i la relació de cada grup de variables a les dues primeres dimensions del MFA.

La línia taronja discontinua indica la contribució uniforme mitjana esperada (punt de tall)

Per l'anàlisi MFA les dades fenotípiques es van organitzar en deu grups de variables relacionades amb característiques de fruit, distribuïdes en quatre grups de variables qualitatives adquirides visualment (*aparença externa*, *aparença interna*, *aparença dels múscles* i *tipus*) i sis grups de variables quantitatives contínues (*mida*, *forma distal*, *forma proximal*, *nombre de loculs*, *Index de forma* i *qualitat*, adquirides amb aparell específics. Les característiques de cada grup de variables es detallen la Taula 2. Vam analitzar les dades fenotípiques juntament amb la tipologia: *Masclet*, *Blanca*, *Intermèdia* i *Rosa*.

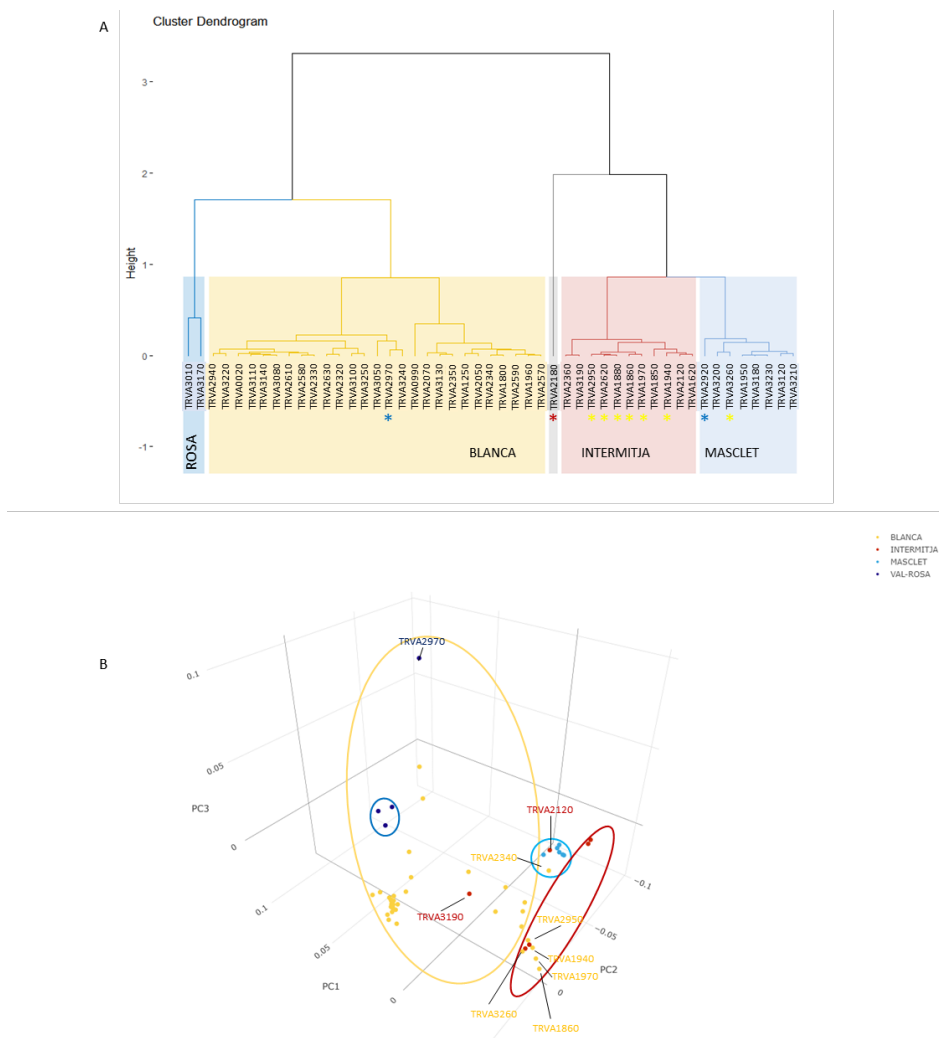


Figura 2. Classificació inicial de les tomates 'Valencianes' en base al fenotip i al genotip.

A) Dendrograma mostrant els cinc grups resultants del HCPC sobre les cinc primeres dimensions del MFA. Les imatges de tomata corresponen a la tomata més representativa de cada grup. Cada grup està representat per un color i la tipologia anotada en base a la tipologia predominant del grup. Les accessions marcades amb un asterisc indiquen accessions classificades visualment en el grup erroni, el color indica la tipologia assignada visualment. B) Anàlisi MDS de la col·lecció de tomata tradicional 'Valenciana' utilitzant els 2204 SNPs amb un MAF > 0,01. Les elipses indiquen les tipologies. El nom de l'accessió s'indica en el cas d'accessions classificades visualment en el grup erroni. Cada grup està representat per un color i la tipologia anotada en base a la tipologia predominant del grup.

Les contribucions de cadascun del grup de variables es mostren a la Figura 1. Els grups de trets que més contribueixen a les primeres dues primeres dimensions del MFA, i que per tant són les que globalment millor diferencien les tomates 'Valencianes' són (per ordre de contribució): forma proximal, index de forma, qualitat, aparença dels múscles, forma distal i mida. Com es pot veure la majoria de les variables que més contribueixen a diferenciar les accessions són aquelles que no estan obteses visualment.

Per poder classificar les 53 tomates valencianes de manera objectiva en base al fenotip es va realitzar un anàlisi HCPC utilitzant les cinc primeres dimensions del MFA. El anàlisi MFA amb HCPC va resultar en la classificació de les tomates 'Valencianes' en 5 grups (Figura 2A). Els grups es van anomenar en funció de quina era la tipologia predominant. El primer grup, contenia el 100% de les accessions etiquetades com a Masplet al passaport. El segon, estava compost per el 78% accessions etiquetades com Blanca. El tercer, conté el 83.3% de les accessions anotades com Intermèdia. El quart, conté el 50% de les accessions classificades com Rosa. Finalment, un grup format per una sola accessió classificada com Intermèdia. Les classificacions basades en el anàlisi MFA-HCPC van indicar que un 21% de les accessions etiquetades en el passaport com Blanca s'agrupaven junt a les intermèdies i una (TRVA3260) amb tipus Masplet (Figura 2A). A més, dues de les accessions etiquetades com Rosa, TRVA2970 i TRVA2920 s'agrupaven junt a les tipus Blanca i Masplet, respectivament.

De manera similar, el anàlisi MDS de les dades genotípiques amb un $MAF > 0.01$ (Figura 2B) va mostrar que algunes de les accessions no s'agrupaven amb la tipologia en la que s'havien etiquetat al passaport. La comparació en entre les accessions que agrupaven en el MFA-HCPC i MDS en grups diferents als que estaven etiquetats al passaport va indicar cert grau de solapament, així que les accessions es van reclassificar d'acord amb el fenotip. Les accessions reclassificades van ser sotmeses a un nou anàlisi MFA seguida de HCPC, on es van incloure les dades genotípiques amb un $MAF > 0.03$ com a variable adicional. El resultat va revelar l'existència de 6 grups, amb només algunes accessions que no concordaven amb les classificacions anteriors de MFA. Aquestes accessions van ser reassignades a la tipologia corresponent basant-se en aquesta nova classificació. Aquest procés de MFA-HCP i reassignació es va repetir fins que totes les accessions van ser assignades a una de les quatre grups basant-se en el fenotip i el genotip, coincidint amb les etiquetes de les tipologies assignades (Figura 3).

Les característiques fenotípiques i genètiques que més diferencien les quatre tipologies es presenten a les Taules 3 i 4. L'anàlisi fenotípic dels clusters (Taula 3) indica que les tipologies ROSA i BLANCA tenen significativament major pes i fruits més amples, sent la ROSA, la que te els fruits més grans i més amples. Mentre que la tipologia INTERMITJA és la que te els fruits més petits i més estrets. A banda, les tipus MASPLET i INTERMITJA, tenen una llargaria significativament major que les altre dues tipologies. Les de tipologia MASPLET són les que

presenten major índexs de forma i major llargaria a mitad d'amplaria. Les *BLANQUES* i les *ROSA*, són però més aplanades i tenen índex de forma menors, especialment les *ROSA*.

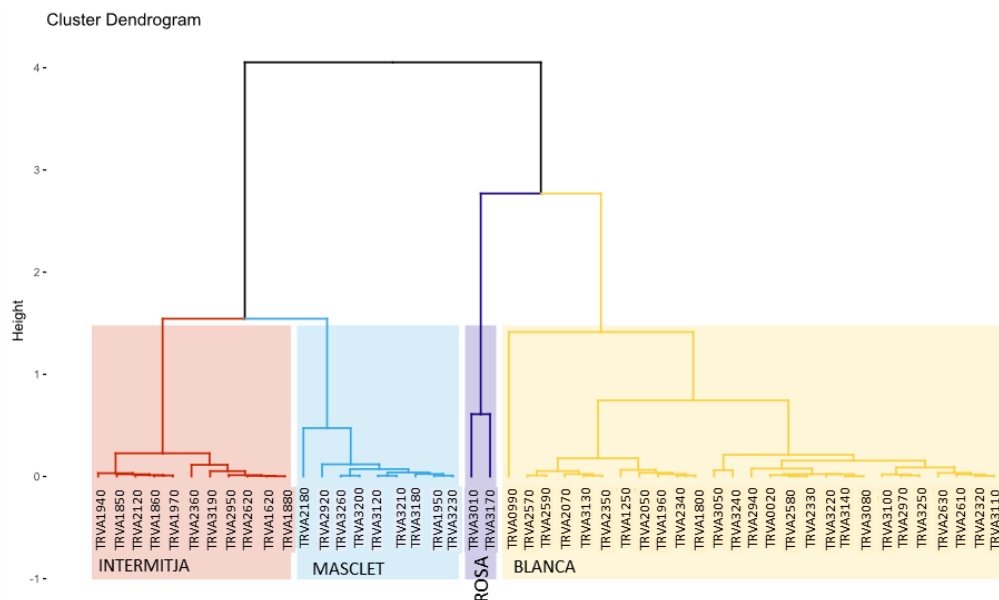


Figura 3. Classificació final de les tomates 'Valencianes' en base al fenotip i al genotip.

Dendrograma mostrant els quatre grups resultants del MFA- HCPC iteratiu. Les imatges de tomata corresponen a la tomata més representativa de cada grup. Cada grup, corresponent a una única tipologia esta representat per un color.

Respecte a les zones proximal i distal, les de la tipologia MASCLET tenen un angle distal macro i un tancament de la zona distal significativament menor que la resta, mentre que les de tipus BLANCA, INTERMITJA i BLANCA tenen aquests valors significativament majors. Indicant un major apuntament de la zona distal dels fruits tipus MASCLET, i menor als altres tipus. En el cas de la zona proximal, el anàlisi indica que les BLANQUES són les que tenen en promig major llargaria de muscles, però són més planes per la part proximal que les MASCLET i les INTERMITGES, que tenen un angle macro significativament menor. Aquest paràmetre, és màxim en el cas de les ROSA. A banda, els fruits ROSA es diferencien de la resta per tenir en promig un nombre significatiu major de lòculs i una major la lobulació. Finalment, els tipus MASCLET tenen major color roig (donat per baixos nivells del parametre de color a*), mentre que els tipus intermig tenen menor lluminositat del fruit (parametre L*) que la resta.

Taula 3. Diferenciació fenotípica de les quatre tipologies de tomata 'Valencians' en funció del MFA-HCPC. Les dades representen el valor promig dins de cada clúster i la desviació estandard (en el cas de variables quantitatives) o el percentatge d'accessions dins el clúster que compleixen aquest tret (en el cas de les qualitatives). Els nombres en roig representen aquelles variables que tenen una mitjana major que la mitjana global o estan sobre-representades. Els nombres en negre corresponen a valors en el clúster menors que la mitjana o infra-representats. ns: $p > 0.05$, no significant. Valors amb asteriscs *, **, ***, **** son estadísticament significatius a diferents valors de probabilitat de $p \leq 0.05$, ≤ 0.01 , ≤ 0.001 and ≤ 0.0001 respectivament.

Grup	Variable	MASCLET	INTERMITJA	BLANCA	VAL-ROSA
<i>Mida</i>	pes del fruit	215.55± 44.70*	199.76± 32.83**	306.16± 71.96*	554.31± 91.64****
	àrea		41.47± 3.959***	54.60± 9.1023**	69.42± 0.23**
	màxima llargaria		7.34± 0.39*		
	amplària màxima	7.47± 0.56*	7.31± 0.40**	8.89± 1.00***	10.74± 0.42**
	amplària a mitat llargaria	7.31± 0.58*	7.17± 0.39**	8.78± 1.00***	10.65± 0.40**
<i>Forma</i>	amplària a la posició més ampla	0.41± 0.02**	0.41± 0.01*	0.43± 0.02**	
	llargaria a mitat d'amplària	7.01± 0.38*			
	Angle distal macro	113.67± 12.88***		140.87± 13.64***	
<i>distal</i>	excentritat distal		0.88± 0.00***	0.89± 0.00*	0.89± 0.01**
	tancament del la part distal	0.47± 0.06***	0.51± 0.03*	0.58± 0.03****	
	índex de la area proximal	0.07± 0.04***			
<i>Forma proximal</i>	Angle proximal macro	197.01± 33.19*	187.95± 24.33***	233.60± 19.66***	285.73± 20.87**
	angle proximal micro	248.04± 20.41*			
	tancament del la part proximal	0.71± 0.05**		0.77± 0.03**	
<i>Forma</i>	índex de la area proximal		0.10± 0.03*		
	llargària dels muscles		0.05± 0.01***	0.06± 0.01**	
	Índex de forma externa I	1.07± 0.06****	1.01± 0.04*	0.89± 0.06****	0.78± 0.06*
<i>Index</i>	Índex de forma externa II	0.97± 0.07***	0.93± 0.05**	0.77± 0.07****	0.63± 0.08*
	Índex de forma interna	0.98± 0.06***	0.94± 0.05**	0.79± 0.06****	0.65± 0.08**
<i>Loculs</i>	lobulació		1.18± 0.19*		2.42± 0.03***
	Nombre de loculs				17.55± 7.44***
<i>Qualitat</i>	color a	19.02± 2.27*			
	color L		33.17± 1.81*		
<i>aparença externa</i>	Fasciació del fruit baixa		9.09%*	59.26%****	
	Fasciació del fruit absent	100%**		29.63%***	
<i>aparença dels muscles</i>	Forma dels muscles lleugerament			14.81%*	
	Color dels múscles verd pàlid			37.04%*	
	Color dels múscles verd internig			62.96%*	
<i>aparença interna</i>	Oquetat del fruit baixa				50%*
	Oquetat del fruit intermitja			33.33%*	

Respecte al genotip (Taula 4) hi ha 335 SNPs que presenten diferències significatives (p -valor ≤ 0.05) en les freqüències al·lèliques a les diferents tipologies. No obstant, no hi ha cap SNP que distingisca els quatre tipus varietals, més aviat, la diferència es deu a la combinació d'ells. Només en el cas de 151 SNPs es detecten freqüències del 0% o 100% en alguna tipologia. Així, per exemple, hi ha SNPs en els quals el 100% de les accessions d'una tipologia només presenta

un al·lel, dels dos possibles que pren el SNP, en homozigosi, o casos en els quals el que caracteritza a la tipologia és el fet que un dels al·lells no apareix mai en homozigositat o heterozigositat en aquesta tipologia, però sí l'altre al·lel o l'heterozigot, o viceversa. La majoria dels SNPs amb el 100% de les accessions amb un al·lel dels possibles que pren el SNP en homozigosi es troben a la tipologia ROSA. No obstant, en aquest cas només hi ha dues accessions al clúster i, per tant, és més fàcil trobar SNPs que siguin iguals en totes les accessions del clúster.

D'aquests 151, hi ha 73 SNPs per als quals a l'Atlas de tomata tradicional (Pons et al., 2022) hi ha una associació amb algun caràcter de forma o color (Taula4). Així per exemple, el SNP SL2.50ch01p78823494 a la tipologia INTERMITJA no pren mai el genotip AA. La presència del genotip AA en aquest SNP està relacionada amb el color rosa dels fruits i una pell sense color en tomata tradicional (Pons et al., 2022). Aquest SNP té com a gen candidat *Sl_MYB12* (y), responsable de la falta de color de la pell del fruit i del color rosa (Ballester et al., 2010). Un altre exemple, és el cas l'absència del genotip GG al SL2.50ch08p3352366, que caracteritza a les tipologies MASCLET i INTERMITJA. L'absència de l'al·lel G en homozigosi s'ha associat amb la forma oxheart (Pons et al., 2022) i aquest SNP colocalitza al mateix locus que *SISUN21*, un membre d'una família multigènica relacionada amb l'augment de la llargària del fruit (Huang, Van Houten, Gonzalez, Xiao, & van der Knaap, 2013). Un altre cas per exemple és el SNP SL2.50ch07p66971471 que a les tipus BLANCA mai presenta l'al·lel G en homozigosi, mentre que al tipus VAL-ROSA, en les dues accessions apareix el genotip GG. La presència del al·lel G s'ha associat amb l'augment de l'amplària màxima del fruit, l'amplària a la mitdad de longitud i la fasciació del fruit (Pons et al., 2022). Aquest SNPs es troba prop del gen *flacca* que s'ha relacionat, entre altres, amb el pes del fruit, el grossor del pericarp (Nitsch et al., 2012; Sagi, Scazzocchio, & Fluhr, 2002)

Taula 4. SNPs que diferencien significativament (p-valor ≤ 0.05) les tipologies de tomata 'Valenciana' i, amb al·lells que es troben sempre presents o sempre absents en les diferents tipologies.

Els SNPs marcats amb un asterisc es troben associats a algun tret per GWAS a l'Altes de Tomata tradicional (Pons et al., 2022)

SNP	Allels	MASCLET	INTERMITJA	BLANCA	VAL-ROSA
SL2.50ch01p78823494*	G/A		GG/G:A, no AA		
SL2.50ch01p78965718*	C/T		CC/C:T, no TT		
SL2.50ch01p80659733	T/C		CC/C:T, no TT		
SL2.50ch01p89029434*	C/T				TT
SL2.50ch01p89029630	G/A				AA
SL2.50ch01p89244607*	T/C				CC
SL2.50ch01p89348895*	A/C/T				CC
SL2.50ch01p94038783*	T/G				TT
SL2.50ch02p24531020	G/A				AA
SL2.50ch02p24532087	C/A			CC	
SL2.50ch02p35539680*	A/G				GG

Marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana

SNP	Allels	MASCLET	INTERMITJA	BLANCA	VAL-ROSA
SL2.50ch02p35607433*	C/T				TT
SL2.50ch02p3895068	C/T				TT
SL2.50ch02p44364097*	T/C				CC
SL2.50ch02p45997204*	A/G				GG
SL2.50ch02p53208872*	C/T				TT
SL2.50ch03p1061333*	A/G				GG
SL2.50ch03p119838*	G/C				CC
SL2.50ch03p3733445*	A/G		AA/A:G, no GG		
SL2.50ch03p4426965*	A/C				CC/A:C, no
SL2.50ch03p4426971*	G/A				AA/A:G, no
SL2.50ch03p4937507*	G/C				CC
SL2.50ch03p5231807*	G/A		AA/A:G, no GG		
SL2.50ch03p59609868*	A/G				GG
SL2.50ch03p59638871*	G/C				CC
SL2.50ch03p66720592*	A/G		AA/GG, no A:G		
SL2.50ch03p66750347*	C/T		TT/T:C,no CC		
SL2.50ch03p66753107*	C/T		TT/T:C,no CC		
SL2.50ch03p66808486	A/G		GG/A:G, no AA		
SL2.50ch03p66833545	T/A		CC/TT, no C:T		
SL2.50ch03p66874111	C/T		TT/T:C,no CC		
SL2.50ch03p69011699	C/G				GG
SL2.50ch03p69555762*	A/C				CC
SL2.50ch03p69556446	G/A				AA
SL2.50ch03p69579481*	T/C				CC
SL2.50ch04p1123541	C/T				TT
SL2.50ch04p26802931	C/A			CC/C:A, no	
SL2.50ch04p55261858	T/A				AA
SL2.50ch04p55384842	C/T				TT
SL2.50ch04p55384880	G/A				AA
SL2.50ch04p55414200	T/A				AA
SL2.50ch04p59767485*	G/T				TT
SL2.50ch04p59828265*	C/T				TT/T:C, no CC
SL2.50ch04p61476938	A/C				CC
SL2.50ch04p63497531*	A/G				GG/G:A, no
SL2.50ch04p807231	T/C				CC/T:C, no TT
SL2.50ch04p807245	A/G				GG/G:A, no
SL2.50ch04p96325*	C/G				GG
SL2.50ch05p34298741*	G/A				AA
SL2.50ch05p52667398*	A/T				TT
SL2.50ch05p9223528*	A/C				CC
SL2.50ch06p31920713*	G/C		GG/G:C, no CC		
SL2.50ch06p45238362*	G/A			GG/G:A, no	
SL2.50ch06p45283958*	T/C			TT/T:C, no	
SL2.50ch07p12927481	C/A			CC/C:A, no	
SL2.50ch07p49977577	T/A			TT/T:A, no	
SL2.50ch07p49977641*	A/T			AA/T:A, no	

SNP	Allels	MASCLET	INTERMITJA	BLANCA	VAL-ROSA
SL2.50ch07p59961385	G/A			GG/G:A, no	
SL2.50ch07p62392771*	A/G				GG
SL2.50ch07p65831339*	A/C				CC
SL2.50ch07p66700403	C/T				TT
SL2.50ch07p66971471*	A/G			AA/G:A, no	GG
SL2.50ch08p1247310	C/A		CC/A:C, no AA		
SL2.50ch08p25163609	C/T				TT/T:C, no CC
SL2.50ch08p3352366*	A/G	AA/A:G, no	AA/A:G, no GG		
SL2.50ch08p3361135*	T/C		TT/T:C, no CC		
SL2.50ch08p3496896*	C/T		CC/C:T, no TT		
SL2.50ch08p64131809*	A/G				GG
SL2.50ch08p64190377*	T/C				CC
SL2.50ch08p738340*	C/T		TT/T:C, no CC		
SL2.50ch08p7712566	A/G				AA
SL2.50ch09p153009*	T/G				GG
SL2.50ch09p1748562*	C/T				TT
SL2.50ch09p27862117*	A/G				GG
SL2.50ch09p416051*	T/A				AA
SL2.50ch09p453674*	C/A				AA
SL2.50ch09p53951025*	G/T				TT/T:G, no
SL2.50ch09p54697147*	T/C				CC
SL2.50ch09p58822621*	A/C				CC
SL2.50ch09p60135040	C/T		CC		
SL2.50ch09p60135063	A/C		AA		
SL2.50ch09p62311542	C/A				CC
SL2.50ch09p70416	G/A				AA
SL2.50ch09p71893565*	G/A	AA/A:G, no	AA/A:G, no GG		
SL2.50ch09p71964878*	A/G		AA/A:G, no GG		
SL2.50ch09p72211	G/A				AA
SL2.50ch09p755632	C/A				AA
SL2.50ch09p755688	T/C				CC
SL2.50ch09p755697	T/G				GG
SL2.50ch09p755706	G/A				AA
SL2.50ch09p755720	A/C				CC
SL2.50ch09p755740	A/G				GG
SL2.50ch10p28146400	C/G	CC			
SL2.50ch10p43862198	A/C				CC
SL2.50ch10p552726	C/T				TT
SL2.50ch10p554338	C/A				AA
SL2.50ch10p57440432*	G/A				AA
SL2.50ch10p59183897*	T/C				CC
SL2.50ch10p59403452*	C/T				TT
SL2.50ch10p63394901*	C/A		AA/A:C, no CC		
SL2.50ch10p8344199	T/A				AA/T:A, no
SL2.50ch11p1231134	C/A		CC/A:C, no AA		
SL2.50ch11p18628870*	A/G				AA

Marcadors genètics i fenotípics per a les tipologies de Tomata Valenciana

SNP	Allels	MASCLET	INTERMITJA	BLANCA	VAL-ROSA
SL2.50ch11p18628881	A/C				AA
SL2.50ch11p18628946	T/C				TT
SL2.50ch11p18628951	C/A				CC
SL2.50ch11p2070298*	T/A				AA
SL2.50ch11p4775556*	A/G				GG
SL2.50ch11p4922873*	G/C				CC
SL2.50ch11p54253430*	G/A		AA/A:G, no GG		
SL2.50ch11p7703552*	T/C				CC
SL2.50ch11p7868972	A/G				GC
SL2.50ch12p15990803	G/A				AA
SL2.50ch12p17321168	G/T				TT
SL2.50ch12p17413947	A/G				GG
SL2.50ch12p17423000	A/C				CC
SL2.50ch12p19833640	T/C				CC
SL2.50ch12p20990437	G/C				CC
SL2.50ch12p21960763*	G/C		GG/G:C, no CC		
SL2.50ch12p22067353	T/G				G
SL2.50ch12p24117670	A/G				G
SL2.50ch12p24407863	C/A				A/A:C, no C
SL2.50ch12p25668410	C/G				G
SL2.50ch12p35043080	G/C				C
SL2.50ch12p35829120	C/A				A
SL2.50ch12p36251012	C/T				T
SL2.50ch12p49894516	C/A				A/A:C, no C
SL2.50ch12p52196229	G/C				C
SL2.50ch12p52875840	C/G				G/G:C, no C
SL2.50ch12p54056770	A/C				C
SL2.50ch12p57110930	C/A				A
SL2.50ch12p60521516	G/A				G
SL2.50ch12p60521533	G/A				G
SL2.50ch12p60564649	G/A				G
SL2.50ch12p60581307	A/G				A
SL2.50ch12p60581391	A/G				G/G:A, no A
SL2.50ch12p60581584	G/T				T/G, no G:T
SL2.50ch12p60641869	G/T				T/G, no G:T
SL2.50ch12p60641902*	A/C				A/C, no A:C
SL2.50ch12p60641997*	C/T				T/C, no C:T
SL2.50ch12p60688529*	C/T				T
SL2.50ch12p60688552*	G/C				G
SL2.50ch12p61403796	T/G				G
SL2.50ch12p62484851*	T/C				C
SL2.50ch12p66814292*	A/T				T/T:A, no A
SL2.50ch12p7888415	G/T				T
SL2.50ch12p7933013	A/G				G
SL2.50ch12p8663010	G/A				A

En resum, en aquest treball utilitzant les dades de l'Atlas de tomata de data, hem classificat un grup de tomates 'Valencianes' en base al fenotip i al genotip, i hem identificat que els trets mesurats de manera objectiva amb aparells específics són aquells que millor diferencien les diferents tipologies 'Valencianes'. Concretament trets relacionats amb la mida del fruit, l'índex de forma i la forma proximal i distal del fruit. A més, hem identificat signatures moleculars i combinacions de loci i al·lels que diferencien les quatre tipologies, generant una sèrie de marcadors per poder classificar noves entrades.

4. Referències bibliogràfiques

- Ballester, A.-R., Molthoff, J., de Vos, R., Hekkert, B. te L., Orzaez, D., Fernández-Moreno, J.-P., ... Bovy, A. (2010). Biochemical and Molecular Analysis of Pink Tomatoes: Deregulated Expression of the Gene Encoding Transcription Factor SIMYB12 Leads to Pink Tomato Fruit Color. *Plant Physiology*, 152(1), 71 LP – 84. <https://doi.org/10.1104/pp.109.147322>
- Blanca, J., Pons, C., Montero-Pau, J., Sanchez-Matarredona, D., Ziarsolo, P., Fontanet, L., ... Granell, A. (2022). European traditional tomatoes galore: a result of farmers' selection of a few diversity-rich loci. *Journal of Experimental Botany*, 73(11), 3431–3445. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac072>
- Casañas, F., Simó, J., Casals, J., & Prohens, J. (2017). Toward an Evolved Concept of Landrace . *Frontiers in Plant Science* , Vol. 8, p. 145. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2017.00145>
- Cebolla-Cornejo, J., Roselló, S., & Nuez, F. (2013). Phenotypic and genetic diversity of Spanish tomato landraces. *Scientia Horticulturae*, 162, 150–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.07.044>
- Figàs, M. R., Prohens, J., Casanova, C., Fernández-de-Córdova, P., & Soler, S. (2018). Variation of morphological descriptors for the evaluation of tomato germplasm and their stability across different growing conditions. *Scientia Horticulturae*, 238, 107–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.039>
- Gentilcore, D. (2009). Taste and the tomato in Italy: a transatlantic history. *Food and History*, 7(1), 125–139. <https://doi.org/10.1484/J.FOOD.1.100639>
- Huang, Z., Van Houten, J., Gonzalez, G., Xiao, H., & van der Knaap, E. (2013). Genome-wide identification, phylogeny and expression analysis of SUN, OFP and YABBY gene family in tomato. *Molecular Genetics and Genomics*, 288(3), 111–129. <https://doi.org/10.1007/s00438-013-0733-0>
- Husson, F., Josse, J., & Pages, J. (2010). Principal component methods-hierarchical clustering-partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data. *Applied Mathematics Department*, 1–17.

- Kassambara, A. (2017). Multivariate Analysis II: Practical Guide to Principal Component Methods in R. *Sthda*, 170.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software; Vol 1, Issue 1 (2008)* . Retrieved from <https://www.jstatsoft.org/v025/i01>
- López-Terrada, M. (2017). The History of the Arrival of the Tomato in Europe: An Initial Overview. Retrieved from <http://tradicom.eu/project/history/>
- Nitsch, L., Kohlen, W., Oplaat, C., Charnikhova, T., Cristescu, S., Michieli, P., ... Rieu, I. (2012). ABA-deficiency results in reduced plant and fruit size in tomato. *Journal of Plant Physiology*, 169(9), 878–883. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.02.004>
- Pons, C., Casals, J., Brower, M., Sacco, A., Riccini, A., Hendrickx, P., ... Granell, A. (2023). Diversity and genetic architecture of agro-morphological traits in a core collection of European traditional tomato. *Journal of Experimental Botany*, erad306. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad306>
- Pons, C., Casals, J., Palombieri, S., Fontanet, L., Riccini, A., Rambla, J. L., ... Granell, A. (2022). Atlas of phenotypic, genotypic and geographical diversity present in the European traditional tomato. *Horticulture Research*, 9, uhac112. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac112>
- Sagi, M., Scazzocchio, C., & Fluhr, R. (2002). The absence of molybdenum cofactor sulfuration is the primary cause of the flacca phenotype in tomato plants. *The Plant Journal*, 31(3), 305–317. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2002.01363.x>
- Soler, S. (2024). Conservando el germoplasma del tomate valenciano. *L'Agrària*, #05.



Desenvolupament de línies de ‘Tomata Valenciana’ multirresistents a malalties fúngiques, víriques i ocasionades per nemàtodes

Development of ‘Valencian Tomato’ lines multi-resistant to fungal viral and nematodes diseases

María del Rosario Figàs Moreno, Miquel Martínez Busó, Ramón Gabriel Rico, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler Calabuig, Jaime Prohens Tomás i Salvador Soler Aleixandre

Institut de Conservació i Millora de l’Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, 46022 València, Espanya, mfimo@upvnet.upv.es.

How to cite: Pérez-Martínez, J.A.; Nombre Autor y Nombre Autor. 2024. Título de la Comunicación. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L’Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18685>

Abstract

*The ‘Tomata Valenciana’ as a traditional tomato variety is affected by multiple diseases that limit its yield, and for which no genetic improvement has been made. Among the diseases that affect it most importantly are those caused by the Tomato mosaic virus (ToMV), the Tomato spotted wilt virus (TSWV), the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, the fungus *Vericillium* spp. and nematodes of the genus *Meloidogyne*. In this context, an improvement program has been carried out for the introduction of resistance genes to the aforementioned diseases in different combinations. This has made it possible to generate a set of lines or varieties of the ‘Tomata Valenciana’ that will allow the cultivation of the ‘Tomata Valenciana’ with fewer losses caused by the incidence of diseases. In addition, the consumption of pesticides will decrease to control the incidence of diseases. In conclusion, more competitive varieties have been made available to farmers that will allow for more profitable cultivation of the ‘Tomata Valenciana’.*

Keywords: *tomato, genetic improvement, resistance, viruses, fungus, traditional varieties*

Resum

La 'Tomata Valenciana' com a varietat tradicional de tomata es veu afectada per múltiples malalties que en limiten el rendiment, i per a les quals no s'ha realitzat cap millora genètica. Entre les malalties que l'afecten de manera més important hi ha les causades pel virus del mosaic de la tomata (ToMV), el virus del bronzejat de la tomata (TSWV), el fong *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, el fong *Verticillium* spp. i nemàtodes del gènere *Meloidogyne*. En aquest context s'ha executat un programa de millora per retrocreuaments per a la introducció de gens de resistència a les malalties esmentades en diferents combinacions. Això ha permès generar un conjunt de línies o varietats de la 'Tomata Valenciana' que permetran un cultiu d'aquesta amb menors pèrdues causades per la incidència de malalties. A més, disminuirà el consum de pesticides per controlar la incidència de malalties i plagues. En conclusió, s'han posat a disposició dels agricultors varietats més competitives que permetran realitzar un cultiu de la 'Tomata Valenciana' més rendible.

Palabras clave: tomata, millora genètica, resistència, virus, fongs, varietats tradicionals

1. Introducció

La 'Tomata Valenciana' és una varietat tradicional valenciana de tomata amb excepcionals característiques de qualitat organolèptica i un dels productes hortícoles més característics de l'horticultura valenciana. En els darrers anys ha quedat de manifest la necessitat de valoritzar-ne el cultiu, de manera que l'augment tant de la superfície cultivada com el volum de producció siguem un fet i es consolide com un dels productes agraris que contribuïsquen de manera important a la rendibilitat dels agricultors valencians (Soler et al., 2022). No obstant això, la incidència de malalties com les causades pel virus del mosaic de la tomata (*Tomato Mosaic virus*, ToMV), el virus del bronzejat de la tomata (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), fongs com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) o *Verticillium* sp. (VE) i nematodes del gènere *Meloidogyne* (N) constitueixen una seriosa amenaça a l'obtenció de produccions rendibles per part dels agricultors que cultiven varietats tradicionals de tomata (Soler et al., 2010) i en particular de la 'Tomata Valenciana' (Figàs et al., 2017).

La resistència al ToMV i al TSWV conferida pels gens *Tm2²* i *Sw5* està permetent actualment el control de les malalties produïdes per aquests virus en el cultiu de la tomata. És també el cas de les malalties fúngiques ocasionades per FOL i VE que estan sent contralades mitjançant la incorporació dels gens *I2* i *Ve1*, i dels problemes causats per nematodes del gènere *Meloidogyne* (gen *Mi*). Tot i això, les varietats tradicionals no han estat motiu d'inclusió en programes de millora genètica a malalties, mitjançant la introducció de aquests gens de resistència. La introgressió d'aquestes resistències en varietats tradicionals pot contribuir de manera decisiva a la seva valorització i potenciació del seu cultiu (García-Martínez et al., 2015), mantenint sempre

les característiques de qualitat (García-Martínez et al., 2012). En aquest sentit, disposar de varietats de 'Tomata Valenciana' millorades per a resistència a aquestes malalties és estratègic per als agricultors de l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana (APCTV). En aquest treball, s'ha abordat la incorporació de resistència genètica a les malalties esmentades. La introgressió de resistència a virus, fongs i nematodes en varietats de 'Tomata Valenciana' permetrà que els agricultors disposin de varietats més competitives amb més rendiment i el cultiu de les quals requereixi un menor nivell d'ús de pesticides per controlar insectes vectors transmissors de virus o de tractaments de desinfecció del sòl en el cas de fongs i nematodes (Figàs et al., 2015).

2. Objectiu

L'objectiu d'aquest treball ha estat obtenir línies de 'Tomata Valenciana' multiresistents a malalties fúngiques, víriques i causades per nemàtodes, mitjançant l'execució d'un programa de millora genètica per retrocreuament. En aquest programa, s'han millorat dues varietats de 'Tomata Valenciana' per a resistència a ToMV, TSWV, FOL, VE i N (una de tipus 'Mascllet' i altra de tipus 'Blanca').

3. Material i mètodes

3.1. Material vegetal

Es van emprar les entrades SL-Meliana-1 (tipus 'Mascllet') o 'FE' i SL-Meliana-3 (tipus 'Blanca') o 'FJO' com a parentals recurrents de 'Tomata Valenciana' elegits a partir de la caracterització morfològica, agronòmica i de composició realitzada amb anterioritat. Es va utilitzar com a parental donant la línia SOL.11.2, donant dels gens *Tm2²*, *Sw5*, *I2*, *Ve1* i *Mi* que confereixen resistència al virus del mosaic de la tomata (*Tomato mosaic virus*, ToMV), el virus del bronzejat de la tomata (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Verticillium* sp. i nematodes del gènere *Meloidogyne* respectivament.

3.2. Programa de millora utilitzat

S'ha fet un programa de retrocreuament per a la introgressió d'aquests gens de resistència. Es pretén obtenir 8 combinacions de gens de resistència diferents per a cada varietat: una amb només *Tm2²*, 3 amb *Tm2²* i un altre gen (*Tm2² + Sw5*, *Tm2² + I2*, i *Tm2² + Ve1*), 3 amb *Tm2²* i dos gens més (*Tm2² + Sw5 + I2*, *Tm2² + Sw5 + Ve1*, i *Tm2² + I2 + Ve1*), i una amb les quatre combinacions de gens (*Tm2² + Sw5 + I2 + Ve1*).

En el cas de la resistència a nematodes es va desenvolupar la combinació $Tm2^2 + Mi$.

Els cicles de creuaments desenvolupats fins ara són:

- Cicle primavera-estiu de 2021, encreuament inicial FE x SOL.11.2 i FJO x SOL.11.2 (Borbotó, Julio Quilis).
- Cicle tardor-hivern de 2021, primer retrocreuament cap a FE i FJO (Borbotó, Julio Quilis).
- Cicle primavera-estiu de 2022, segon retrocreuament cap a FE i FJO (Borbotó, Julio Quilis).
- Cicle tardor-hivern de 2022, tercer retrocreuament cap a FE i FJO (Borbotó, Julio Quilis).
- Cicle primavera-estiu de 2023, quart retrocreuament cap a FE i FJO (Borbotó, Julio Quilis).
- Cicle tardor-hivern de 2023, autofecundació del quart retrocreuament cap a FE i FJO (Alboraia, Juan Giner) (Figura 1).
- Cicle de primavera-estiu del 2024, selecció d'individus amb gens de resistència fixats en homocigosi i obtenció de llavor d'autofecundació (Alboraia, Juan Giner) (Figura 2).



Fig. 1 Plantació dels quarts retrocreuaments de la 'Tomata Valenciana' per a introduir resistència a malalties (esquerra) i plantes adultes amb pomells de flors embosat per aconseguir llavor de autofecundació en el cicle tardor-hivern de 2023 (dreta)



Fig. 2 Hivernacle amb plantes seleccionades per presentar distintes combinacions de gens de resistència en homocigosis en cicle de primavera-estiu de 2024

3.3. Marcadors moleculars utilitzats

Per a la selecció de les plantes portadors dels gens de resistència a cadascuna de les generacions de retrocreuament es van emprar marcadors moleculars per a cadascun dels gens. Els marcadors utilitzats van ser els següents:

- Un marcador tipus PCR codominant per a la detecció del gen *Sw5* (Dianese et al., 2010) (Figura 3).
- Un marcador tipus PCR codominant per a la detecció del gen *I2* (Staniaszek et al., 2007) (Figura 4).
- Un marcador tipus High Resolution Melting (HRM) per a la detecció del gen *Tm2²* (Panthee et al., 2013) (Figura 5).
- Un marcador tipus HRM per a la detecció del gen *Vel* (Acciarri et al., 2007) (Figura 6).
- Un marcador tipus PCR per a la detecció del gen *Mi* (El-Sappah, et al., 2019) (Figura 7).

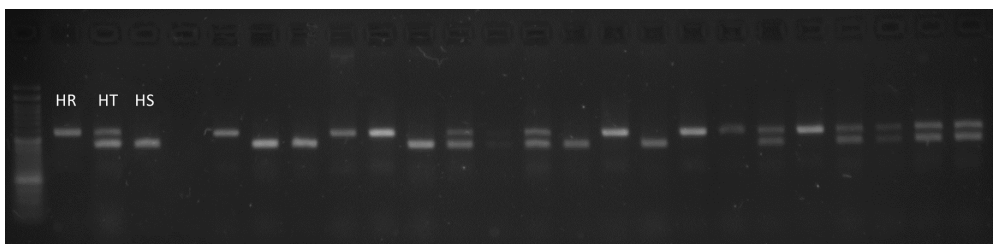


Fig. 3 Electroforesis per a la detecció de les plantes portadores del gen *Sw5* utilitzant un marcador tipus PCR

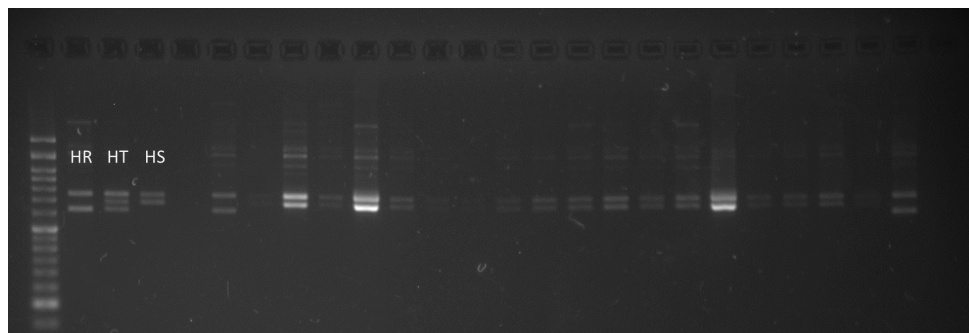


Fig. 4 Electroforesis per a la detecció de les plantes portadores del gen *I2* utilitzant un marcador tipus PCR

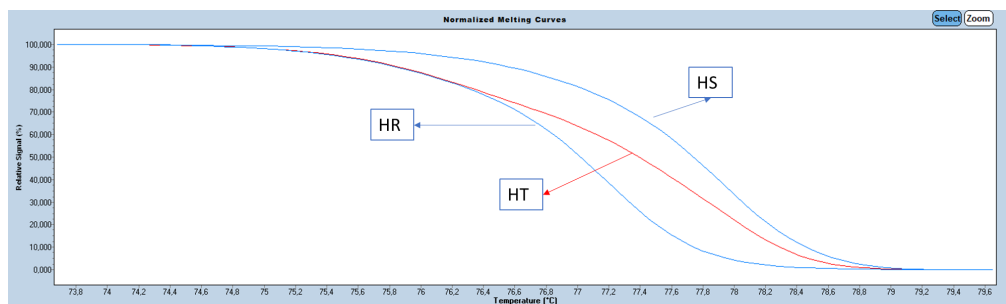


Fig. 5 Gràfic HRM del gen *Tm2*²

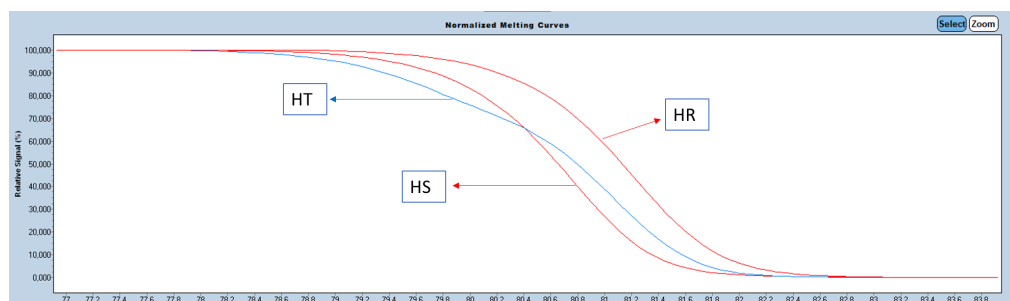


Fig. 6 Gràfic HRM del gen *Vel*

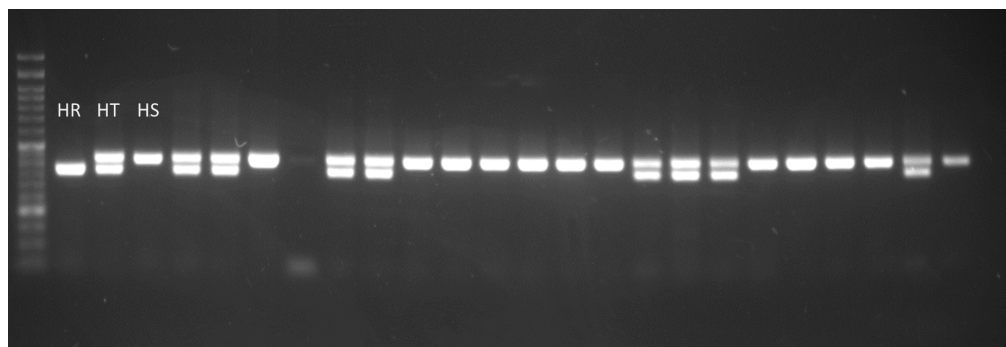


Fig. 7 Electroforesis per a la detecció de les plantes portadores del gen *Mi* utilitzant un marcador tipus PCR

4. Resultats i discussió

En el cicle de primavera-estiu del 2021 es va realitzar el creuament inicial entre les entrades FE (valenciana tipus ‘Masplet’) i FJO (valenciana tipus ‘Blanca’) i la línia SOL.11.2. Es va obtenir llavor d'aquests creuaments a finals de juliol de 2021. Al setembre de 2021 es van posar plantes dels creuaments inicials (CI) obtinguts amb les varietats recurrents i es va comprovar que les plantes dels dos CI presenten en heterocigosi els gens *Tm2²*, *Ve1*, *Sw5* i *l'12*. Al desembre de 2021 es disposava de les llavors del retrocreuament 1 (RC1) cap a les dues entrades de ‘Tomata Valenciana’. L'abril del 2022, es van disposar en hivernacle plantes dels dos RC1 i, a partir de la selecció d'aquestes per marcadors, es va obtenir llavor dels segons retrocreuaments (RC2) el juliol del 2022. L'agost d'aquest any es van preparar planters de les RC2 amb les dues tipologies de ‘Tomata Valenciana’. L'octubre del 2022 es va realitzar, mitjançant selecció assistida amb marcadors moleculars, la selecció de les plantes de les dos RC2 portadores de les diferents combinacions de gens i el desembre del 2022 es va obtenir llavor de la RC3. Seguint amb el programa de retrocreuaments, es va obtenir el juliol de 2023 llavors de la generació RC4 per als dos tipus de Tomata Valenciana. Fins a aquesta generació el cultiu de les plantes es va realitzar a l'hivernacle de Borbotó.

El setembre del 2023 es va passar a cultivar les plantes de les generacions RC4 en un hivernacle d'Alboraia. Es va procedir a la selecció de les plantes portadores de les diferents combinacions de gens desitjades. A més, en aquest punt es va comptar amb la col·laboració de l'agricultor (Juan Giner) per a la selecció d'aquelles plantes que portant els gens de resistència d'interès presentaven les millors característiques de les dos tipologies de ‘Tomata Valenciana’ (Figura

8). D'aquesta manera, el desembre del 2023 es va obtenir sobre les plantes de RC4 seleccionades llavor d'autofecundació.



Fig. 8 Pomell de fruits de la línia 5.17 (esquerra) i 5.58 (dreta) de ‘Tomata Valenciana’ amb la combinació de gens $Tm2^2 + Vel$

Es va posar al febrer de 2024 plantes en camp de cadascuna de les autofecundació de RC4 (RC4S1) seleccionades al cicle anterior. A l'abril es va procedir a la selecció a les RC4S1 de les plantes portadores de les combinacions de gens de resistència referenciades en homocigosi (Taula 1).

Taula 1. Relació del nombre de plantes de les varietats de ‘Tomata Valenciana’ FE i FJO amb les distintes combinacions de gens de resistència a malalties fixats en homocigosi

Combinació de gens de resistència	Nº de plantes seleccionades per al tipus FE (tipus ‘Mascler’)	Nº de plantes seleccionades per al tipus FJO (tipus ‘Blanca’)
$Tm2^2$	10	16
$Tm2^2 + I2$	4	1
$Tm2^2 + Sw5$	5	3
$Tm2^2 + Vel$	6	12
$Tm2^2 + I2 + Sw5$	4	2
$Tm2^2 + I2 + Vel$	8	1
$Tm2^2 + Sw5 + Vel$	3	5
$Tm2^2 + I2 + Sw5 + Vel$	4	2
$Tm2^2 + Mi$	6	7

En l'actualitat s'està procedint a l'embossament de pomells de flors de les plantes de RC4S1 per a l'obtenció de llavor d'autofecundació per a la realització d'experiments per a determinar-ne el comportament en diferents condicions d'infecció per patògens, així com per a transferir-les als agricultors de l'APCTV.

5. Conclusions

El desenvolupament del programa de millora descrit permetrà posar a la disposició dels agricultors valencians varietats de 'Tomata Valenciana' amb diferents combinacions de gens de resistència a les malalties que afecten de forma important aquesta varietat tradicional. A més, l'agricultor podrà triar la combinació de gens que li siga més útil en funció quin patògen siga el que presente incidència a la seua zona de cultiu.

El cultiu de les línies o varietats de la 'Tomata Valenciana' permetran un cultiu d'aquesta amb menors pèrdues causades per la incidència de malalties. A més, disminuirà el consum de pesticides per controlar la incidència de malalties i plagues. En conclusió, s'han posat a disposició dels agricultors varietats més competitives que permetran realitzar un cultiu de la Tomata Valenciana més rendible.

6. Agraïments

Aquest estudi forma part del programa AGROALNEXT i està recolzat pel Ministeri de Ciència i Innovació (MICIU) amb finançament de la Unió Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) i la Generalitat Valenciana.

Els autors agraeixen també als agricultors Julio Quilis Siurana i Juan Giner per la seva contribució al present treball i a l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana pel seu suport.

7. Referències

- Acciarri, N., Rotino, G.L., Tamietti, G., Valentino, D., Voltattomi, S., Sabatini, E. 2007. Molecular markers for Ve1 and Ve2 Verticillium resistance genes from Italian germplasm. *Plant Breeding*, 126: 617-621.
- Dianese, E.C., Fonseca, M.E.N., Goldbach, R., Kormelink, R., Inoue-Nagata, A.K., Resende, R.D., Boiteux, L.S. 2010. Development of locus-specific, co-dominant SCAR marker for assisted-selection of the Sw-5 (Tospovirus resistance) gene cluster in a wide range of tomato accessions. *Molecular breeding*, 25: 133-142.
- El-Sappah, A.H.; Islam M.M.; El-awady, H.H.; Yan, S.; Qi, S.; Liu, J.; Cheng, G.; Liang, Y. 2019. Tomato Natural Resistance Genes in Controlling the Root-Knot Nematode. *Genes*, 10: 925.

- Figàs, M.R.; Martín, A.; Casanova, C.; Soler, E.; Prohens, J.; Soler, S. 2017. Millora genètica de la tomaca 'Valenciana d'El Perelló' per a resistència al virus del mosaic de la tomaca (Tomato mosaic virus, ToMV). I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló, pp. 115-127.
- Figàs, M.; Soler, S.; Díez, M.J.; Granell, A.; Monforte, A.; Prohens, J. 2015c. Strategies for the enhancement of local tomato varieties: a study case with varieties from the Spanish region of València. Book of Abstracts of INNOHORT Symposium:9.
- García-Martínez S, Galvez-Sola LN, Alonso A, Agullo E, Rubio F, Ruiz JJ, Moral R. 2012. Quality assessment of tomato landraces and virus-resistant breeding lines: quick estimation by near infrared reflectance spectroscopy. *J Sci Food Agric.*, 92: 1178–1185.
- García-Martínez S, Grau A, Alonso A, Rubio F, Carbonell P, Ruiz JJ. 2015. UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: Four Freshmarket Breeding Lines Resistant to Viruses Within the Muchamiel Tomato Type. *HortScience*, 50: 927-929.
- Panthee, D.R., Brown, A.F., Yousef, G.G., Ibrahem, R., Anderson, C. 2013. Novel molecular marker associated with Tm2(a) gene conferring resistance to Tomato mosaic virus in tomato. *Plant Breeding*, 132: 413-416.
- Soler S., Prohens J., López C., Aramburu J., Galipienso L., Nuez F. 2010. Viruses infecting tomato in Valencia, Spain: occurrence, distribution and effect of seed origin. *Journal of Phytopathology*, 158: 797 – 805.
- Soler, S.; Arroyo, N.; Figàs, M.R.; Casanova, C.; Soler, E.; Martínez, M.; Rico, R.G.; Prohens, J. 2022. Conservando el germoplasma del tomate Valenciano. *L'Agraria*, 5: 10-14.
- Staniaszek, M., Kozik, E.U., Maraczewski, W. 2007. A CAPS marker TA01-902 diagnostic for the I-2 gene conferring resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 2 in tomato. *Plant Breeding*, 126: 331-333.
- El-Sappah, A.H.; Islam M.M.; El-awady, H.H.; Yan, S.; Qi, S.; Liu, J.; Cheng, G.; Liang, Y. 2019. Tomato Natural Resistance Genes in Controlling the Root-Knot Nematode. *Genes*, 10: 925.



Desenvolupament i selecció de porta-empelts per a la 'Tomata Valenciana'

Development and selection of rootstock for the 'Valencian Tomato'

Miquel Martínez Busó, María del Rosario Figàs Moreno, Cristina Casanova Calancha, Elena Soler Calabuig, Jaime Prohens Tomás i Salvador Soler Aleixandre

Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, 46022 València, Espanya, salsoal@btc.upv.es.

How to cite: Martínez, M.; Figàs, M.R.; Casanova, C.; Soler, E.; Prohens, J.; Soler, S. 2024. Desenvolupament i selecció de porta-empelts per a la 'Tomata Valenciana'. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de mayo de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVALEN2024.2024.18686>

Abstract

*The 'Valencian Tomato' is one of the traditional varieties of tomato with the most economic projection in current Valencian agriculture. Considering that this variety has not been the subject of genetic improvement, there are more and more problems with the incidence of diseases such as those caused by viruses and fungi in the cultivation fields of the Valencian vegetable orchards. This problem becomes particularly important in the case of soil diseases such as that caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* or nematodes of the genus *Meloidogyne*. Although there are strategies such as biosolarization or the use of rootstocks, in the first case it is laborious and in the second there are no rootstocks developed specifically for the 'Valencian Tomato'. In this work, based on previously obtained results, a set of 9 hybrids and 8 parents of the same has been tested in a plot where a repeated cultivation of 'Valencian Tomato' has occurred with a high incidence of soil fungi and nematodes. This has allowed the selection of 2 very promising hybrids to present high levels of resistance to *Fusarium* wilt and nematodes.*

Keywords: *tomato, traditional varieties, resistance, rootstocks, Fusarium, nematods*

Resum

La 'Tomata Valenciana' constitueix una de les varietats tradicionals de tomata amb més projecció econòmica a l'agricultura valenciana actual. Tenint en compte que aquesta varietat no ha estat motiu de millora genètica, es presenten cada cop més problemes d'incidència de malalties com les causades per virus i fongs als camps de cultiu de l'horta

*valenciana. Aquest problema cobra especial importància en el cas de malalties del sòl com la causada per *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* o nematodes del gènere *Meloidogyne*. Tot i que hi ha estratègies com la biosolarització o l'ús de porta-empelts, en el primer cas és laboriosa i en el segon no hi ha porta-empelts desenvolupats específicament per a la 'Tomata Valenciana'. En aquest treball, partint de resultats obtinguts prèviament, s'ha provat un conjunt de 9 híbrids i 8 parentals dels mateixos en una parcel·la on s'ha produït un cultiu repetit de 'Tomata Valenciana' amb elevada incidència de fongs del sòl i nematodes. Això ha permès la selecció de 2 híbrids molt prometedors perquè presenten elevats nivells de resistència a fusariosi i nematodes.*

Palabras clave: *tomata, varietats tradicionals, resistència, porta-empelts, Fusarium, nematodes.*

1. Introducción

La 'Tomata Valenciana' és una varietat tradicional valenciana amb excepcionals característiques de qualitat organolèptica, i molt apreciada pels consumidors en els darrers anys (Soler et al., 2022). No obstant això, la productivitat de la 'Tomata Valenciana' es veu afectada per la incidència de malalties. Cal tenir en compte que aquesta varietat tradicional com en la majoria d'aquest tipus de varietats no ha estat inclosa en programes de millora de la resistència a malalties (García-Martínez et al., 2015; Figás et al., 2017). Així, des de fa dècades, a gairebé totes les campanyes és important la incidència de virosi com la causada pel virus del mosaic de la tomata (*Tomato mosaic virus*, ToMV), fongs com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) i nematodes del gènere *Meloidogyne* (Soler et al., 2010; Figas et al., 2015; Figás et al., 2017). Tenint en compte que els agricultors valencians es veuen obligats a repetir de forma molt freqüent el cultiu de la 'Tomata Valenciana' a la mateixa parcel·la, s'observa l'elevada incidència de malalties del sòl associades a la presència de FOL i nematodes.

Una de les estratègies més utilitzades per resoldre la incidència de fongs del sòl i nematodes als camps de cultiu de la 'Tomata Valenciana' i altres varietats tradicionals valencianes ha estat des de fa anys l'ús de la Biosolarització (Miguel, 2003), consistent en l'addició en cobrera d'importants quantitats d'esmena orgànica, normalment fem boví (entre 4 i 5 tm/fanecada). Es pretén amb la fermentació del fem i cobriment amb plàstic augmentar la temperatura del sòl entre 60 i 70 °C. Això, alhora que permet realitzar la fertilització del sòl, aconsegueix desinfectar de forma bastant efectiva aquest de patògens associats. No obstant això, és un procés laboriós i aquesta efectivitat depèn de la perícia i saber fer de l'agricultor. Una altra estratègia per lluitar amb les malalties del sòl és l'ús de porta-empelts que amb resistència a FOL i nematodes (Miguel, 2009), i que a més poden aportar vigor a la varietat empeltada. En aquest sentit, no existeixen porta-empelts seleccionats obtinguts i seleccionats específicament per a la 'Tomata

Valenciana'. A la feina que es presenta, s'han obtingut una sèrie de portaempelts avaluats en condicions d'elevada incidència de FOL i nematodes.

2. Objectiu

Es persegueix desenvolupar patrons porta-empelts per a la seva utilització a la 'Tomata Valenciana'. En concret porta-empelts que mostren un alt nivell de resistència a FOL i nematodes. Per això, i en col·laboració amb l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana (APCTV), s'ha dut a terme un assaig de selecció de portaempelts desenvolupats pels autors.

3. Material i mètodes

3.1. Material vegetal

Es van utilitzar tres híbrids experimentals de tomata que amb anterioritat van mostrar comportament superior en cultiu ecològic als porta-empelts comercials utilitzats al cultiu de la tomata. Dos híbrids procedeixen de creuaments interespecífics (tomata 'De Penjar' (BT02220) x *S. pimpinellifolium* (BT00230)), i (varietat local italiana (BT10170) x *S. habrochaites* (BT00120)) i un altre és un híbrid intraespecífic entre 'Tomata Valenciana' (BT04060) i tomata 'De Penjar' (BT02310). També es van avaluar els 3 híbrids possibles entre les accessions (*S. pimpinellifolium* (BT00230), *S. habrochaites* (BT00120) i *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (BT00250)) seleccionades per vigor i tolerància a malalties del sòl. També es va avaluar la línia de millora SOL.11.2 portadora dels gens *Tm2²*, *I2* i *Mi* i els seus híbrids amb les entrades BT00120, BT00230 i BT00250. En total es van avaluar 9 híbrids (Taula 1), els 8 parentals corresponents i es van incloure com a controls les entrades SL-Meliana-1 ('Tomata Valenciana' tipus "Mascler") o FE, i SL-Meliana-2 ('Tomata Valenciana' tipus "Blanca") o FJO, així com els controls comercials 'Olympe-F1' i la varietat 'Moneymaker'.

3.2 Condicions de cultiu

Es van utilitzar 18 plantes de cadascun dels híbrids (9), els seus parentals (8) i els quatre controls, distribuïdes a l'atzar en 6 blocs de 3 plantes cadascun (Taula 1). Els diferents materials es van cultivar en un hivernacle (cultiu ecològic) de la localitat de Borbotó (València) amb una incidència elevada de FOL i nematodes (Figura 1). En aquest hivernacle s'havia cultivat Tomata Valenciana de forma repetida durant 8 cicles.

3.3. Caràcters avaluats

A cadascuna de les plantes de cada material es van avaluar els caràcters següents:

- Hàbit de creixement
- Densitat de fullatge
- Longitud d'entrenus
- Vigor de la planta a 30, 60 i 90 dies després de trasplantament (DDT)
- Alçada de la planta a 30, 60 i 90 DDT
- Diàmetre de la tija de la planta (0 cm d'alçada) a 30, 60 i 90 DDT
- Diàmetre de la tija de la planta (50 cm d'alçada) a 30, 60 i 90 DDT
- Diàmetre de la tija de la planta (100 cm d'alçada) a 30, 60 i 90 DDT
- Incidència de plagues en fulla
- Incidència Malalties en fulla
- Incidència de símptomes de *Fusarium* a 30, 60 i 90 DDT
- Angle del bulb radicular arrel (a avaluar en el moment d'arrencar)
- Diàmetre arrel principal
- Densitat de barbada (diàmetre ≤ 0.05 mm)
- Índex d'afectació de nemàtodes als 90 DDT

3.4. Anàlisi estadística

Per fer l'anàlisi estadística s'ha fet servir el programa Statgraphics Centurió XVIII. Es va fer un anàlisi per cada variable, obtenint la mitjana, rang i coeficient de variació per a cada caràcter mesurat. També es va utilitzar un anàlisi de la variació simple (ANOVA simple) per a la detecció de diferències significatives entre les mitjanes de les entrades per a cada variable. Seguidament es va realitzar un anàlisi multivariada de components principals (ACP). L'anàlisi de components principals (ACP) és un algorisme matemàtic que redueix la dimensionalitat de les dades mentre conserva la major part de la variació al conjunt de dades (Jolliffe, 2002). Amb aquesta anàlisi podem avaluar visualment les mostres tant les similituds com les diferències, a part de la formació de grups per a les diferents entrades.



Fig. 1 Hivernacle de Borbotó amb els 21 materials distribuïts a l'atzar en 6 blocs amb 3 plantes per bloc

4. Resultats i discussió

Els materials avaluats van mostrar variabilitat per als paràmetres de vigor i sistema radicular (Taula 1). No obstant això, els materials amb un diàmetre més gran de tija i d'arrel, així com una major densitat de barbada van ser els híbrids SOL.11.2 X BT00120 i SOL.11.2 X BT00230. Aquests resultats els fan prometedors com a portaempelts amb capacitat vigoritzant per a la varietat empeltada. Cal tenir en compte que la línia SOL.11.2 presenta els gens *I2* i *Mi* que confereixen resistència a FOL i nematodes respectivament. A més, l'híbrid SOL.11.2 X BT00120 en tenir com a parental masculí l'espècie *Solanum habrochaites* conferirà un vigor més gran a la varietat empeltada (Aydin, 2024). Sembla doncs que les avaluacions de vigor i sistema radicular indiquen que els dos portaempelts esmentats poden ser útils en els camps de cultiu de la 'Tomata Valenciana'.



Fig. 2 Hivernacle amb els 21 materials avaluats per a característiques de vigor, arrel i incidència de fongs i nematodes als 90 dies després de trasplantament (DDT)

Taula 1. Avaluació de 9 híbrids, els 8 parentals i 4 controls en un sòl amb elevada incidència de FOL i nematodes per a caràcters relacionats amb el vigor i el sistema radicular

ENTRADA	Diàmetre tija (100 cm) (90 D)	Diàmetre arrel principal	Densitat de barbada (diàmetre ≤ 0.05 mm)
BT00120	0,71	1,40	1,28
BT00230	1,00	1,67	1,25
BT00250	1,26	1,53	1,56
BT02220	1,64	1,76	1,42
BT02310	1,43	1,47	1,83
BT10170	1,21	1,71	1,81
BT4060	1,46	1,40	2,50
L-11-2	1,58	1,75	3,13
BT00230 X BT00120	1,19	1,75	1,68
BT00250 X BT00120	1,22	1,69	2,08
BT00250 X BT00230	1,32	1,71	1,94
L-11-2 X BT00120	1,53	2,03	2,53
L-11-2 X BT00230	1,70	2,23	3,08
L-11-2 X BT00250	1,54	1,84	2,28
BT02310 X BT04060	1,34	1,43	1,42
BT10170 X BT00120	1,37	1,86	1,71
BT02220 X BT00230	1,51	1,83	1,72
FE	1,44	1,71	1,58
FJO	1,43	1,54	1,61
MONEY MAKER	1,25	1,68	1,64
OLYMPE FI	1,66	1,68	2,44

Pel que fa a les avaluacions de la incidència de malalties, cal destacar l'elevada incidència de FOL als materials de 'Tomata Valenciana' BT04060 (50 %), però sobretot a les entrades FE (88,89 %) i FJO (72 ,22 %). Als altres materials es va produir una incidència variable des del 0,0 % de l'entrada BT00120 i els híbrids SOL.11.2 x BT00120 i SOL.11.2 x BT00230 fins al 72,22 % de l'entrada BT00250. Va ser molt important també la incidència de FOL en la varietat 'Moneymaker' (Figura 3). D'acord amb els resultats obtinguts, els millors híbrids serien el SOL.11.2 x BT00120 i SOL.11.2 x BT00230.

Quant a la incidència de nematodes va ser elevada tant al control BT04060 (50 %), com a les entrades FE (100 %) i FJO (100 %) (Figura 4). La varietat 'Moneymaker' va mostrar un comportament susceptible i l'híbrid Olympe resistent (portador de gens de resistència) (Figura 5). També ací, el millor comportament va correspondre als híbrids SOL.11.2 x BT00120 i SOL.11.2 x BT00230 amb una absència total de símptomes de FOL i una baixa incidència de nematodes a l'híbrid SOL.11.2 x BT00120 (Figura 6).

Els resultats obtinguts d'incidència de FOL i nematodes semblen confirmar els obtinguts anteriorment quant a vigor i sistema radicular. En aquest sentit es trien els híbrids SOL.11.2 x BT00120 i SOL.11.2 x BT00230 com els més adequats. En el proper cicle de cultiu es provaran les varietats FE i FJO, així com les línies derivades d'aquestes amb diferents gens de resistència a malalties, empeltades sobre aquests dos híbrids interespecífics.

Taula 2. Avaluació de 9 híbrids, els 8 parentals i 4 controls per a incidència de FOL i nematodes

ENTRADA	Índex de símptomes de FOL	Percentatge de plantes afectades per FOL	Índex de afectació de nemátodes	Percentatge de plantes afectades per nematodes
BT00120	0,00	0	2,17	88,24
BT00230	3,00	60	1,83	83,33
BT00250	2,50	72,22	3,00	100
BT02220	1,69	37,5	2,83	100
BT02310	1,50	38,46	2,39	84,62
BT10170	2,44	44,44	2,53	94,12
BT04060	4,50	50	1,50	50
SOL.11.2	3,78	46,15	0,50	7,69
BT00230 X BT00120	0,08	12,5	2,58	100
BT00250 X BT00120	1,14	50	2,69	100
BT00250 X BT00230	2,17	61,11	2,86	100
SOL.11.2 X BT00120	0,00	0	0,17	6,25
SOL.11.2 X BT00230	0,00	0	0,00	0
SOL.11.2 X BT00250	0,83	17,65	1,22	41,18
BT02310 X BT04060	2,61	44,44	2,81	100
BT10170 X BT00120	0,08	17,65	2,83	100
BT02220 X BT00230	1,61	52,94	2,81	100
FE	5,33	88,89	2,45	100
FJO	2,72	72,22	2,56	100
MONEY MAKER	2,89	44,44	2,57	100
OLYMPE F1	2,11	44,44	0,06	5,56



Fig. 3 Síntomes de *Fusarium* en fulles de plantes de la varietat 'Moneymaker'

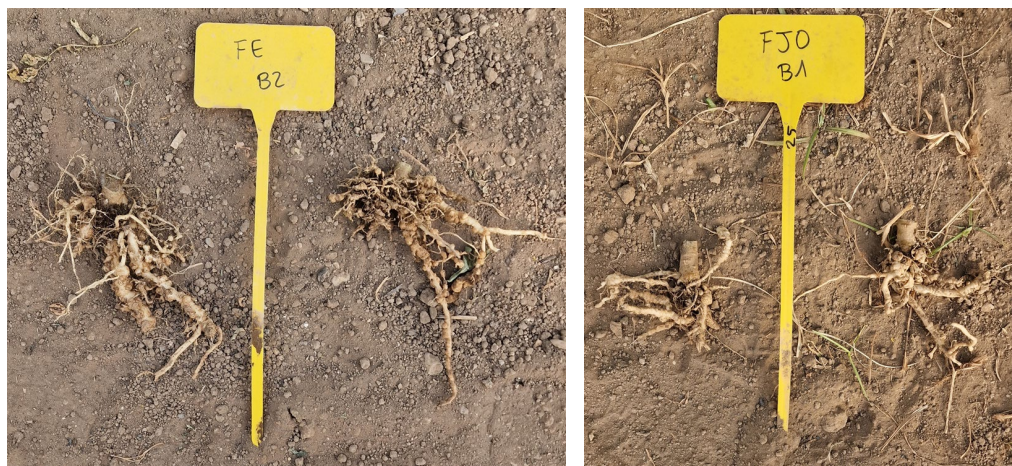


Fig. 4 Síntomes de nematodes en les varietats de 'Tomata Valenciana' FE de tipus 'Mascllet' i FJO de tipus 'Blanca'



Fig. 5 Síntomes de nematodes en les varietats 'Moneymaker' i 'Olympe F1'



Fig. 6 Arrel de la línia SOL.11.2 (a dalt), l'hibrid (SOL.11.2 x BT00120) i l'hibrid (SOL.11.2 x BT00230) amb absència total de símptomes d'infestació per nematodes

Els autors agraeixen també a l'agricultor Julio Quilis Siurana per la seva contribució al present treball i a l'Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana pel seu suport.

7. Referències bibliogràfiques

- Aydin, A. 2024. Effects of grafting with wild tomato (*Solanum pimpinellifolium* and *Solanum habrochaites*) rootstocks on growth and leaf mineral accumulation in salt stress. Horticulture, Environment, and Biotechnology. <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00607-5>.
- El-Sappah, A.H.; Islam M.M.; El-awady, H.H.; Yan, S.; Qi, S.; Liu, J.; Cheng, G.; Liang, Y. 2019. Tomato Natural Resistance Genes in Controlling the Root-Knot Nematode. *Genes*, 10: 925.
- Jolliffe I.T. 2002. Principal Component Analysis. Springer. New York.
- Figàs, M.R.; Martín, A.; Casanova, C.; Soler, E.; Prohens, J.; Soler, S. 2017. Millora genètica de la tomaca 'Valenciana d'El Perelló' per a resistència al virus del mosaic de la tomaca (*Tomato mosaic virus*, ToMV). I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló, pp. 115-127.
- Figàs, M.; Soler, S.; Díez, M.J.; Granell, A.; Monforte, A.; Prohens, J. 2015. Strategies for the enhancement of local tomato varieties: a study case with varieties from the Spanish region of València. Book of Abstracts of INNOHORT Symposium: 9.
- García-Martínez S, Grau A, Alonso A, Rubio F, Carbonell P, Ruiz JJ. 2015. UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: Four Freshmarket Breeding Lines Resistant to Viruses Within the Muchamiel Tomato Type. *HortScience*, 50: 927-929.
- Miguel, A. 2003. Producción de tomate con variedades tradicionales. *Comunitat Valenciana Agraria*, 22, 53-58.
- Miguel, A. 2009. Evolución del injerto de hortalizas en España. *Horticultura Internacional*, 72, 10-16.
- Soler S., Prohens J., López C., Aramburu J., Galipienso L., Nuez F. 2010. Viruses infecting tomato in Valencia, Spain: occurrence, distribution and effect of seed origin. *Journal of Phytopathology*, 158: 797 – 805.
- Soler, S.; Arroyo, N.; Figàs, M.R.; Casanova, C.; Soler, E.; Martínez, M.; Rico, R.G.; Prohens, J. 2022. Conservando el germoplasma del tomate Valenciano. *L'Agraria*, 5: 10-14.



Impacte de la Reducció del Reg i de la Fertilització Nitrogenada en la Tomaca Valenciana

Impact of the Reduction of Irrigation and Nitrogen Fertilization on the Valencian Tomato

Salvador Soler^a, Maria R. Figàs^a, Fabrizio Leteo^b, Gabriele Campanelli^a, María José Díez^a, Teodoro Cardí^c, Pasquale Tripodi^c i Jaime Prohens^a

^aInstitut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, 46022 València, Espanya, jprohens@btc.upv.es, ^bCREA Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, 63077 Monsampolo del Tronto, Italia, i ^cCREA Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, 84098 Pontecagnano, Italia.

How to cite: Prohens, J.; Figàs, M.R.; Leteo, F.; Soler, S.; Campanelli, G.; Díez, M.J.; Cardí, T. y Tripodi, P. 2024. Impacte de la Reducció del Reg i de la Fertilització Nitrogenada en la Tomaca Valenciana. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18101>

Abstract

The Valencian Tomato faces significant challenges due to climate change and water scarcity. Our research examines how irrigation reduction and the absence of nitrogen fertilization affect the production and quality of two Valencian Tomato accessions ('Masclat' type and 'Blanca'), compared to forty other accessions. Three treatments were applied: control, irrigation reduction, and absence of nitrogen fertilization. Compared to the average of other accessions, the Valencian Tomato is distinguished by being relatively late, producing large fruits, showing high productive capacity, moderate soluble solids content, and medium acidity. Water reduction negatively affected production, especially in the 'Masclat' variety, which was more productive than 'Blanca'. However, this water restriction increased the fruit's soluble solids concentration, suggesting a possible improvement in flavor. The reduction in nitrogen fertilizer application, on the other hand, did not impact fruit quality. These findings underline the importance of developing improvements that promote reductions in water and other inputs in the cultivation of the Valencian Tomato to combat the effects of climate change while maintaining high product quality.

Keywords: *Valencian Tomato, climate change, irrigation reduction, nitrogen fertilization, production, quality, soluble solids, acidity.*

Resum

La Tomaca Valenciana enfronta reptes importants degut al canvi climàtic i la falta d'aigua. Hem investigat com afecta la reducció del reg i la absència de fertilització nitrogenada en la producció i qualitat de dues accions de Tomaca Valenciana (una de tipus 'Masclat' i una altra de 'Blanca'), comparant-les amb altres quaranta accions. S'han fet tres tractaments: control, reducció de reg, i absència de fertilització nitrogenada. En comparació amb la mitja de la resta d'accions, la Tomaca Valenciana es distingeix per ser relativament tardana, produir fruits grans, mostrar una elevada capacitat productiva, un contingut moderat de sòlids solubles i una acidesa intermitja. La reducció d'aigua va afectar negativament la producció, especialment en la varietat 'Masclat', que va ser més productiva que la 'Blanca'. Tanmateix, aquesta restricció hídrica va incrementar la concentració de sòlids solubles del fruit, suggerint una possible millora en el sabor. La reducció en l'aplicació de fertilitzants nitrogenats, per contra, no va tenir un impacte en la qualitat dels fruits. Aquestes troballes subratllen la importància de desenvolupar millores que promoguen reduccions en la utilització d'aigua i altres insums en el cultiu de la Tomaca Valenciana per a combatre els efectes del canvi climàtic, mantenint l'alta qualitat del producte.

Palabras clave: *Tomaca Valenciana, canvi climàtic, reducció del reg, fertilització nitrogenada, producció, qualitat, sòlids solubles, acidesa.*

1. Introducció

La tomaca (*Solanum lycopersicum* L.) de València, coneguda com a "Tomaca Valenciana", destaca per les seues singulars qualitats organolèptiques que la diferencien notòriament d'altres (Figàs et al., 2015). Dins del tipus "Tomaca Valenciana" hi ha variants, entre les que se troben, la 'Masclat' i la 'Blanca' (Arroyo, 2023). Els seus fruits, caracteritzats per tenir lòculs petits i uniformement repartits al voltant d'un nucli de notable mida, ofereixen una textura especialment ferma i sucosa. Aquesta varietat autòctona ha experimentat un notable creixement econòmic en l'última dècada, assolint una producció que supera el milió de quilograms anuals i generant ingressos que excedeixen els 2 milions d'euros.

Tenint en compte l'escenari de canvi climàtic i la cada vegada més palpable falta d'aigua, així com la necessitat de reduir la fertilització nitrogenada per a contribuir a una agricultura més sostenible, és necessari estudiar els efectes de la reducció d'aquests dos importants insums en el cultiu de tomaca valenciana. En un treball realitzat en el marc del projecte europeu BRESOV es van estudiar 42 varietats de tomaca en tres condicions de cultiu (control, reducció de reg, i absència de fertilització nitrogenada) en dues localitats (Alcàsser a Espanya i Monsampolo del Tronto a Itàlia), prenent-se dades de 25 caràcters (Tripodi et al., 2022). Dins de les 42 accions es van incloure dues de "Tomaca Valenciana". Donada l'alta interacció genotip x ambient

detectada per Tripodi et al. (2022), en aquesta comunicació ens centrem en els efectes de la reducció del reg i de l'absència de fertilització nitrogenada en dues varietats de Tomaca Valenciana cultivades a l'horta de València, que és on es cultiva aquest tipus de tomaca tradicional. Així mateix, ens centrem únicament en sis caràcters que considerem més rellevants per a un cultiu rendible i de qualitat de la Tomaca Valenciana.

2. Material i Mètodes

2.1. Material vegetal i condicions de cultiu

S'ha realitzat un assaig amb dues accessions de Tomaca Valenciana (Valenciana II i Valenciana III), que corresponen respectivament al tipus 'Blanca' i 'Masplet' (Arroyo, 2023), així com altres 40 accessions de tomaca procedents d'una col·lecció nuclear de tomaca desenvolupada en el projecte europeu BRESOV. En aquesta col·lecció s'inclouen materials molt diversos, incloent cultivars comercials, varietats locals de diferents parts del món, tant per a utilització en amanida com del tipus 'De Penjar' (o equivalent italià 'Da Serbo'), així com línies de millora. Els detalls sobre els diferents materials utilitzats es poden consultar en Tripodi et al. (2022).

2.2. Condicions de cultiu i disseny experimental

El cultiu de les plantes es va realitzar a l'aire lliure en 2022 en condicions de cultiu ecològic en la finca d'Hortaval Natur en Alcàsser. Es van seguir les pràctiques de cultiu habituals per a la tomata, incloent encaixonat en forma de barraca. Es van establir tres condicions de cultiu: a) Control, en què es van seguir les pràctiques habituals, amb una fertilització nitrogenada equivalent a 249 kg/ha de N i un subministrament d'aigua de reg de 3,212 m³/ha al que cal afegir 1,126 m³/ha d'aigua de pluja; b) Reducció de reg (R-REG), en què es va reduir el reg a 937 m³/ha, el que juntament amb l'aportació de l'aigua de pluja representa un 44% del subministrament d'aigua del tractament Control; i, c) Absència de fertilització nitrogenada (R-FERN) en què no es va aportar fertilització nitrogenada. Per a cadascuna de les accessions es van cultivar 27 plantes, que es van distribuir en un disseny en blocs a l'atzar, amb tres blocs per tractament.

2.3. Caracterització i anàlisi de dades

Es va realitzar una caracterització de cada bloc de plantes, presentant-se en aquesta comunicació els resultats de sis caràcters: 1) Precocitat (dies des de trasplantament fins que el 50% de plantes tenen un fruit madur); 2) Nombre de lòculs del fruit; 3) Pes mitjà del fruit (g); 4) Producció per planta (kg/planta); 5) Contingut en sòlids solubles (%); i, 6) Acidesa titulable (%).

A partir de les dades de cada bloc es van calcular les mitjanes de cada accessió, així com l'error estàndard (SE) per a les accessions Valenciana II i Valenciana III. Per a les 40 accessions

restants es va calcular la mitjana i es va presentar el rang de valors mitjans. Per a cadascun dels tres tractaments es van calcular les correlacions lineals entre els sis caràcters.

3. Resultats i Discussió

3.1. Comparació de varietats en condicions control

Quan es comparen les dues varietats de Tomaca Valenciana en condicions control, l'únic caràcter per al qual s'observen diferències significatives entre les dues varietats en les dues localitats va ser un major nombre de lòculs, menor producció i major contingut en sòlids solubles en la accesió Valenciana II respecte a la Valenciana III. Així, en promig la Valenciana II presenta 11.39 lòculs, mentre que la Valenciana III en té 8.72.

No obstant, malgrat que aquest major nombre de lòculs es tradueix en un major pes de fruit (364,58 g front a 271,72 g), les diferències entre ambdues accions no són significatives. D'altra banda, la producció de l'accessió Valenciana III (5,30 kg/planta) ha sigut un 58,7% superior a la de Valenciana II (3,34 kg/planta). No obstant, la menor producció de la varietat Valenciana II s'ha vist compensada per un contingut en sòlids solubles superior (4,70%) quan es compara amb la Valenciana III (4,30%). Aquest resultat concorda amb el generalment conegut des de fa temps en tomàquet, on existeix una correlació negativa entre producció i contingut en sòlids solubles és menor (Stevens i Rick, 1986).

La comparació d'aquestes dues varietats amb la resta mostra que són tardanes, presenten major nombre de lòculs i pes del fruit que la mitjana, característiques que concorden amb les típiques de la Tomaca Valenciana (Díez et al., 2017; Marsal et al., 2017), ja que al ser varietats de fruit gran solen ser també més tardanes (Georgelis et al., 2004). Pel que respecta a la producció, en Valenciana II es trobà al voltant de la mitjana de les varietats evaluades, mentre que en la Valenciana III va ser molt superior a la mitjana (i propera al valor més alt de la resta de varietats), indicant un alt potencial productiu de la Tomaca Valenciana (Taula 1). Aquesta alta capacitat productiva està relacionada amb el fet que la Tomaca Valenciana ha evolucionat i s'ha seleccionat per adaptació a les condicions de València (Díez et al., 2017). En quant al contingut en sòlids solubles de les dues accions de Tomaca Valenciana, es troben per sota de la mitjana (particularment Valenciana III), lo qual és esperable en varietats de fruit gran (Georgelis et al., 2004), mentre que per a l'acidesa titulable es troba al voltant de la mitjana (Taula 1).

Taula 1. Valors per a caràcters d'interès agronòmic i de qualitat del fruit en dues varietats de Tomaca Valenciana (Valenciana II i III) i altres 40 varietats de tomata cultivades a Alcàsser

Caràcters	Valenciana II (mitja ± SE)	Valenciana III (mitja ± SE) ^a	Resta d'accessions (n=40)	
			Mitja	Rang
<i>Alcàsser</i>				
Precocitat (dies)	72.00 ± 4.04	72.33 ^{ns} ± 2.33	64.68	49.67-75.67
Nombre de lòculs	11.39 ± 1.61	8.72* ± 0.39	5.39	2.00-16.50
Pes del fruit (g)	364.58 ± 89.55	271.72 ^{ns} ± 18.37	181.29	7.68-637.84
Producció (kg/planta)	3.34 ± 0.14	5.30*** ± 0.20	3.48	1.06-5.41
Contingut en sòlids solubles (%)	4.70 ± 0.21	4.27* ± 0.09	5.14	3.77-8.47
Acidesa titulable (%)	0.47 ± 0.06	0.42 ^{ns} ± 0.05	0.44	0.23-0.78

^a ns, *, **, *** indiquen no significatiu, o significatiu a $p < 0.05$, $p < 0.01$, o $p < 0.001$, respectivament, per a les diferències entre la varietat Valenciana II i Valenciana III.

3.2. Efectes de la reducció de reg i de fertilització nitrogenada

Els resultats obtinguts de la reducció de reg (R-REG) i de fertilització nitrogenada (R-FERN) per a cadascun dels caràcters avaluats es mostren en la Taula 2. En el nostre treball hem trobat que per a la precocitat, en les dues accessions de Tomaca Valenciana la reducció del reg redueix el nombre de dies perquè un 50% de les plantes tinguen almenys un fruit madur, particularment en Valenciana III amb una reducció del nombre de dies en aquesta última d'un 18.4%. Les reduccions observades en ambdues varietats han sigut superiors a la mitjana i de fet Valenciana III ha sigut de totes les varietats la que major reducció ha experimentat en eixe tractament (Taula 2). Probablement, l'estrès per falta d'aigua haja donat lloc a un desenvolupament més ràpid dels processos reproductius i de maduració del fruit de les dues varietats de Tomaca Valenciana (Wudiri i Henderson, 1985). En canvi, en el tractament sense fertilització nitrogenada a penes s'ha observat variació respecte al control indicant un efecte mínim d'aquest tractament en la precocitat.

En quant a caràcters de mida de fruit i producció, la reducció de reg ha resultat en una reducció important del nombre de lòculs de l'accessió Valenciana II (-15.6%), mentre que en Valenciana III a penes ha tingut efecte, sent un valor lleugerament positiu (4.5%), fins i tot superior a la mitjana de la resta d'accessions. En canvi, l'absència de fertilització nitrogenada ha suposat una reducció important en ambdues accessions de Tomaca Valenciana (-15.6% per a Valenciana II i -19.7% per a Valenciana III) (Taula 2). Pel que fa al pes del fruit ambdós tractaments han

tingut un efecte molt important causant en el tractament de reducció de reg una reducció significativa del mateix (-26.1% per a Valenciana II i -18.0% per a Valenciana III), major en termes absoluts que la mitjana general (-14.4%), encara que no han sigut les accessions en què s'ha produït una major reducció per aquest estrès (Taula 2). Els efectes de l'absència de fertilització nitrogenada han sigut també importants en la mida del fruit de la Tomaca Valenciana, amb importants reduccions del mateix (-20.0% per a Valenciana II i -29.3% per a Valenciana III), molt més rellevants que els de la mitjana de la resta d'accessions, en què a penes s'ha modificat en aquest tractament (-1.0%), encara que s'ha observat una àmplia variació en el comportament entre accessions. Aquests resultats mostren que en la Tomaca Valenciana, la reducció de reg i fertilització nitrogenada afecten negativament a la mida del fruit. Pel que fa a la producció, els resultats són semblants als obtinguts per a la mida del fruit amb una reducció molt important en ambdues varietats i amb ambdós estresses. Així, en el tractament de reducció de reg la variació de la producció respecte al control va ser d'un -18.3% en Valenciana II i d'un -39.9% en Valenciana III, superiors, en particular en aquesta última, als observats en el promig de la resta d'accessions (-16.3%) (Taula 2). En el tractament d'absència de fertilització nitrogenada es va trobar una variació respecte al control de -18.9% en Valenciana II i de -24.1% en Valenciana III, també superiors al promig de la resta d'accessions (-8.3%). Probablement aquesta major reducció en mida de fruit i producció, aspectes que es troben generalment molt correlacionats (Bhandari et al., 2023), observada en Valenciana III es dega a la major capacitat productiva d'aquesta última observada en condicions control i que per tant siga més susceptible a la reducció de recursos disponibles.

En les dues varietats de Tomaca Valenciana, la reducció del reg ha suposat un increment important del contingut en sòlids solubles, del 14.3% en Valenciana II i del 31.2% en Valenciana III, mentre que en la resta de varietats el valor mitjà ha sigut d'un increment del 18.2% (Taula 2). Aquest augment del contingut en sòlids solubles compensa en gran mesura la reducció de producció causada per la reducció del reg, tal com s'ha observat en altres materials de tomaca (Johnstone et al., 2005). En canvi, en el tractament d'absència de fertilització nitrogenada a penes s'ha trobat variació en el contingut en sòlids solubles de les dues accessions de Tomaca Valenciana (0.6% en Valenciana II i 3.0% en Valenciana III), sent el promig de la resta d'accessions d'un increment del 2.5%. Al contrari que la reducció de reg les nostres dades indiquen que la reducció de la producció causada per la disminució de reg no es veu compensada per un augment significatiu del contingut en sòlids solubles, probablement degut a l'efecte negatiu de l'estrès per falta de N en els caràcters de qualitat, incloent el contingut en sòlids solubles (Khan et al., 2015). Això mostra que en la Tomaca Valenciana la reducció del reg, malgrat reduir la producció millora la qualitat, amb un increment de sòlids solubles similar en percentatge a la reducció en producció, però en canvi amb l'absència de fertilització nitrogenada, malgrat observar-se una reducció en la producció no s'observa millora del contingut en sòlids solubles. Pel que respecta a l'acidesa titulable, en el tractament de reducció de reg s'observa un

augment de l'acidesa titlable en l'accessió Valenciana II (27.7%), mentre que en la Valenciana III s'observa una reducció del 2.4%. En el tractament d'absència de fertilització nitrogenada es produeix també un augment considerable de l'acidesa titlable en l'accessió Valenciana II (25.5%), mentre que en la Valenciana III es produeix una reducció en comparació amb el control (-14.3%). D'aquesta forma, les diferències en increments o reduccions en sòlids solubles i acidesa titlable, tenen impacte en el canvi de sabor dels tomats cultivats amb reducció de reg o de fertilització nitrogenada, ja que ambdós aspectes influeixen en l'índex de sabor del tomate (Navez et al., 1999).

Taula 2. Variació (%) respecte al control per a caràcters d'interès agronòmic i de qualitat del fruit en dues varietats de Tomaca Valenciana (Valenciana II i III) i altres 40 varietats de tomàquet cultivades a Alcàsser amb una reducció de reg de un 70% respecte al control (R-REG) o sense aplicació de fertilització nitrogenada (R-FERN)

Caràcters	Tractament	Valenciana II	Valenciana III	Resta d'accessions		
				Mitja	Mínim	Màxim
Precocitat (dies)	R-REG	-4.2	-18.4	-1.3	-17.6	29.4
	R-FERN	-0.9	2.8	2.2	-9.1	34.0
Nombre de lòculs	R-REG	-15.6	4.5	2.4	-27.1	102.5
	R-FERN	-15.6	-19.7	2.0	-37.8	111.9
Pes del fruit (g)	R-REG	-26.1	-18.0	-14.4	-78.2	53.1
	R-FERN	-20.0	-29.3	-1.0	-74.0	89.9
Producció (kg/planta)	R-REG	-18.3	-39.9	-16.3	-51.3	68.4
	R-FERN	-18.9	-24.1	-8.3	-51.9	102.1
Contingut en sòlids solubles (%)	R-REG	14.3	31.2	18.2	-6.0	53.4
	R-FERN	0.6	3.0	2.5	-27.2	43.2
Acidesa titlable (%)	R-REG	27.7	-2.4	27.7	-15.9	104.4
	R-FERN	25.5	-14.3	7.3	-37.2	91.3

3.3. Anàlisi de correlacions

L'anàlisi de les correlacions lineals per als sis caràcters considerats en cadascuna de les condicions assajades mostra que els resultats són bastant similars en cadascuna d'elles (Figura 1). Així, tal com s'ha trobat en altres estudis (Georgelis et al., 2004; Bhandari et al., 2023), s'han

trobat correlacions positives elevades entre els caràcters precocitat, número de lòculs, pes del fruit i producció. Entre la resta de correlacions, la més destacable és una correlació negativa entre els dies transcorreguts fins al primer fruit madur (Precocitat) i el contingut en sòlids solubles. Aquest resultat probablement es deriva del fet que els fruits més petits, i que per tant, tenen més sòlids solubles maduren abans.

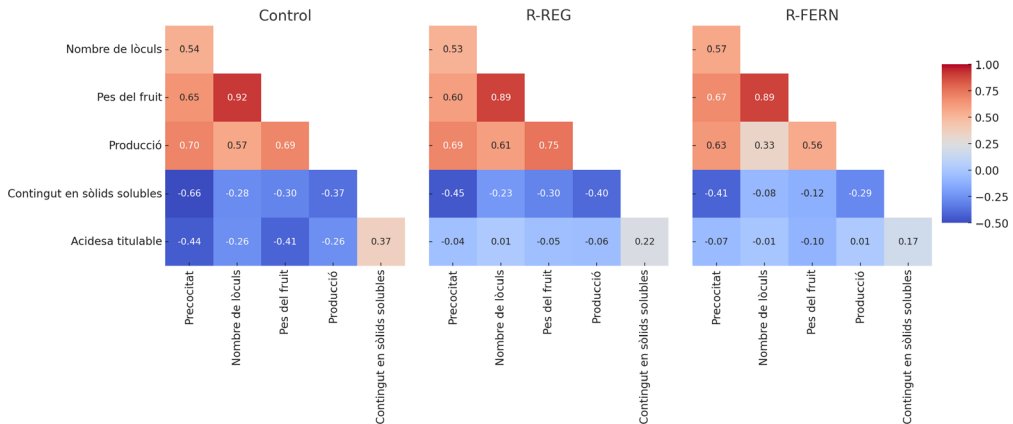


Fig. 1 Correlacions entre els sis caràcters examinats en 42 accessions de tomaca en tres condicions de cultiu: Control, reducció de reg (R-REG) i absència de fertilització nitrogenada (R-FERN)

Quan s'observa el gràfic de dispersió que ens mostra la relació entre dos caràcters fonamentals en tomaca (producció i contingut en sòlids solubles) en els tres ambients (Figura 2) observem que per a una mateixa condició l'accessió Valenciana III sempre és més productiva que la Valenciana II, encara que presenta un contingut en sòlids solubles menor, excepte per al tractament de reducció de reg, on Valenciana III presenta un valor algo major del contingut en sòlids solubles. També s'observa que Valenciana III és més variable en la resposta per a la combinació dels dos caràcters que Valenciana II (Figura 2), indicant que Valenciana II és més estable per a aquesta combinació de caràcters. A aquest respecte, altres estudis han mostrat importants variacions en l'estabilitat de diferents materials de tomaca (Pons et al., 2023).

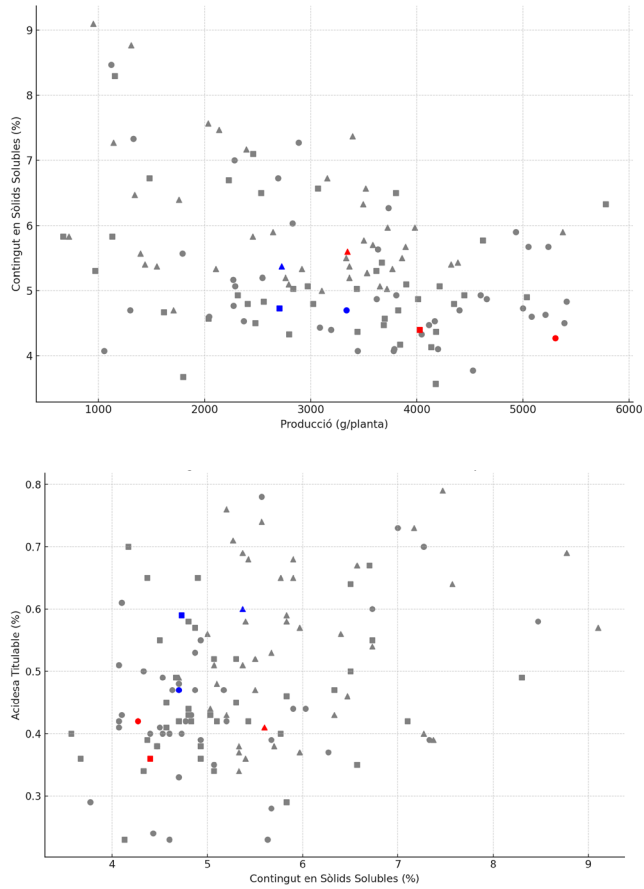


Fig. 2 Gràfic de dispersió per a la relació entre la producció i el contingut en sòlids solubles (a dalt) i entre contingut en sòlids solubles i acidesa titulable (a baix) en 42 accessions de tomaca en tres condicions de cultiu: Control (cercles), reducció de reg (triangles) i absència de fertilització nitrogenada (quadrats). L'accessió Valenciana II es presenta en color blau, la Valenciana III en color roig, i la resta d'accessions en color gris

4. Conclusions

El nostre estudi confirma que, quan es cultiva en la seua zona d'origen i es compara amb altres varietats de tomaca, la Tomaca Valenciana pot presentar una alta productivitat. També es caracteritza per ser poc precoç, presentar fruits grans, així com valors moderadament baixos de contingut en sòlids solubles i una acidesa intermèdia. Els nostres descobriments revelen que, encara que la reducció del reg i l'absència de fertilització amb nitrogen afecten adversament la mida i la producció del fruit, quan el reg es redueix s'incrementa el contingut en sòlids solubles, millorant potencialment les qualitats organolèptiques de la Tomaca Valenciana. En canvi, amb

la reducció de la fertilització nitrogenada malgrat reduir-se la producció no es millora la qualitat. Investigacions futures sobre l'optimització d'aquestes pràctiques podrien oferir un camí valuós cap a un cultiu més sostenible de la Tomaca Valenciana en un entorn de canvi climàtic.

5. Agraïments

Aquest treball ha estat finançat pel Programa de Recerca i Innovació Horizon 2020 de la Unió Europea sota l'acord de subvenció núm. 774244. També s'ha rebut support per part de MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (TED2021-129296B-I00) i per part de la Unió Europea NextGenerationEU/PRTR. També s'ha rebut finançament de la Generalitat Valenciana (CIPROM/2021/020).

6. Referències bibliogràfiques

- Arroyo, N. (2023). Caracterización morfológica, agronómica y de composición de una colección de entradas de Tomata Valenciana. Trabajo Fin de Máster Universitario en Ingeniería Agronómica, Universitat Politècnica de València, València. <http://hdl.handle.net/10251/196080>
- Bhandari, P., Kim, J., & Lee, T.G. (2023). Genetic architecture of fresh-market tomato yield. *BMC Plant Biology*, 23, 18. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-04018-5>
- Díez, M.J., Valcárcel, J.V., Torres, J., Granell, A., Prohens, J., & Soler, S. (2017). Caracterización agronómica-morfológica de 6 entradas de « Tomaca tipo Masclet » de la colección de variedades tradicionales del IVIA. En: Soler Alexandre, S.; Figàs-Moreno, M.R. ; Prohens, J. (eds.), I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló. Editorial Universitat Politècnica de València, València, pp. 65-71. <http://dx.doi.org/10.4995/TOMAVAL2017.2017.6320>
- Figàs, M.R., Prohens, J., Raigón, M.D., Fita, A., García-Martínez, M.D., Casanova, C., Borràs, D., Plazas, M., Andújar, I., & Soler, S. (2015). Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chemistry*, 187, 517-524. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.083>
- Georgelis, N., Scott, J.W., & Baldwin, E.A. (2004). Relationship of tomato fruit sugar concentration with physical and chemical traits and linkage of RAPD markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129, 839-845. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.6.0839>
- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., LeStrange, M., Nunez, J.J., & Miyao, E.M. (2005). Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. *HortScience*, 40, 1857-1861. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1857>

- Khan, M.I.R., Trivelli, A., Fatma, M., Masood, A., Francini, A., Iqbal, N., Ferrante, A., & Khan, A.K. (2015). Role of ethylene in responses of plants to nitrogen availability. *Frontiers in Plant Science*, 6, 927. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00927>
- Marsal, J.I., Cerdà, J., López-Serrano, L., Penella, C., & Calatayud, A. (2017). Caracterización agronómica-morfológica de 6 entradas de « Tomaca tipo Masclet » de la colección de variedades tradicionales del IVIA. En: Soler Aleixandre, S.; Figàs-Moreno, M.R. ; Prohens, J. (eds.), I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló. Editorial Universitat Politècnica de València, València, pp. 65-71. <http://dx.doi.org/10.4995/TOMAVAl2017.2017.6320>
- Navez, B., Letard, M., Graselly, D., & Jost, J. (1999). Les critères de qualité de la tomate. *Infos-Ctifl*, 155, 41-47. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00927>
- Pons, C., Casals, J., Brower, M., Sacco, A., Riccini, A., Hendrickx, P., Figàs, M. D. R., Fisher, J., Grandillo, S., Mazzucato, A., Soler, S., Zamir, D., Causse, M., Díez, M.J., finkers, R., Prohens, J., Monforte, A., & Granell, A. (2023). Diversity and genetic architecture of agro-morphological traits in a core collection of European traditional tomato. *Journal of Experimental Botany*, 74, 5896-5916. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad306>
- Stevens, M.A., & Rick, C.M. (1986). Genetics and breeding. En: Atherton, J.G.; Rudich, J. (eds.), *The tomato crop, a scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, New York, USA, pp. 35-109. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3137-4_2
- Tripodi, P., Figàs, M. R., Leteo, F., Soler, S., Díez, M. J., Campanelli, G., Cardi, T., & Prohens, J. (2022). Genotypic and environmental effects on morpho-physiological and agronomic performances of a tomato diversity panel in relation to nitrogen and water stress under organic farming. *Frontiers in Plant Science*, 13, 936596. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.936596>
- Wudiri, B.B., & Henderson, D.W. (1985). Effects of water stress on flowering and fruit set in processing-tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 27, 189-198. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(85\)90022-6](https://doi.org/10.1016/0304-4238(85)90022-6)

Efecto de la introducción de plantas biocidas en un monocultivo de tomate valenciano y análisis de la técnica del injerto

Effect of the introduction of biocidal plants in a Valencian tomato monoculture and analysis of the grafting technique

Carlos Baixauli, Alfonso Giner, José Mariano Aguilar y Resurrección Burguet

Fundación Grupo Cajamar, 46200 Paiporta, Valencia, España, carlosbaixauli@fundacioncajamar.com

How to cite: Baixauli, C.; Giner, A.; Aguilar, J.M.; Burguet, R. 2024. Efecto de la introducción de plantas biocidas en un monocultivo de tomate valenciano y análisis de la técnica del injerto. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024.
<https://doi.org/10.4995/TOMAVAl2024.2024.18590>

Abstract

With the development of this experience during several consecutive campaigns, the aim was to evaluate, in the medium term, the effect of using biocidal plants in combination with a tomato monoculture, as well as the effect of using a tolerant tomato rootstock in a local selection of Valencian tomato. The experience was carried out at the Centro de Experiencias de Cajamar in Paiporta (Valencia).

The commercial production, the waste production and the average weight of commercial fruits were analyzed, as well as agronomic aspects of the plant during and at the end of the crop. Furthermore, in each campaign, soil analyzes were carried out prior to planting the tomato to see the evolution of some physical, chemical and biological parameters of interest.

The results of the trial showed that the use of biocidal plants in the crop rotation reduced the nodules index produced by nematodes on the roots of the plants and slightly increased the levels of organic matter, although it had no clear effects on the rest of the parameters studied; in addition, the use of grafted plants improved the average weight of the fruit and some vegetative development and agronomic aspects of the plants.

Keywords: *Valencian tomato, biocidal plants, grafting, nematodes, organic matter.*

Resumen

Con el desarrollo de esta experiencia durante varias campañas consecutivas se evaluó, a medio plazo, el efecto de la utilización de las plantas biocidas en combinación con un monocultivo de tomate, así como el efecto de la utilización de un portainjerto de tomate

tolerante en una selección local de tomate valenciano. La experiencia se desarrolló en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Valencia).

Se analizó la producción comercial, producción de destrío y el peso medio de los frutos comerciales, así como aspectos agronómicos de la planta durante y al final del cultivo. Además, en cada campaña se realizaron, previo a la plantación del tomate, unas analíticas de suelo para ver la evolución de algunos parámetros físicos, químicos y biológicos de interés.

Los resultados obtenidos han mostrado que la utilización de plantas biocidas en la rotación del cultivo redujo el índice de nodulación producidos por nemátodos en las raíces de las plantas y aumentó ligeramente los niveles de materia orgánica, aunque no tuvo efectos claros sobre el resto de los parámetros estudiados; además la utilización de planta injertada mejoró el peso medio de los frutos y algunos aspectos de desarrollo y agronómicos de las plantas.

Palabras clave: *Tomate valenciano, plantas biocidas, injerto, nematodos, materia orgánica.*

1. Introducción

La intensificación de los cultivos hortícolas y la especialización llevan al agricultor, en ocasiones, a repetir el cultivo sobre el mismo suelo. Esta práctica puede desarrollarse durante varios ciclos al año, e incluso, durante varias campañas. La razón que lo provoca es lo que conocemos como la “fatiga del suelo”, debido a diferentes causas como puede ser la perturbación de la fertilidad del suelo, que puede tener un efecto acumulativo, sucesivo y simultáneo. Como consecuencia, puede producirse una disminución progresiva de los rendimientos, la aparición de plagas y enfermedades de suelo asociados al cultivo. Durante años, la principal herramienta utilizada en horticultura para controlar los patógenos del suelo ha sido la desinfección química. La solarización está considerada como buena técnica de desinfección en nuestras condiciones climáticas, porque durante los meses de verano el nivel de radiación solar en nuestro país, en la mayor parte de las zonas de cultivo suele ser suficiente para conseguir una buena desinfección. Una de las prácticas más utilizadas cuando se ha de repetir el mismo cultivo con las mismas especies o especies próximas es “el barbecho”.

En estos momentos se están analizando estrategias alternativas mucho más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, entre las que se encuentran la utilización de plantas biocidas, que se incorporan a la rotación de cultivos, y la técnica del injerto sobre patrones tolerantes a los patógenos que afectan al tomate.

2. Objetivo

El objetivo principal de estas experiencias es conocer el efecto del uso de plantas biocidas, evitando el empleo de sustancias químicas. Para ello se analiza la respuesta agronómica, patológica, la fertilidad del suelo, determinando las características físico químicas del mismo.

Por otro lado, el injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo para el control de plagas y enfermedades, siendo muy recomendable su uso para el desarrollo de variedades locales, al no incluir resistencias. Así pues, mediante el injerto de hortalizas se pretende cultivar especies sensibles a ciertos patógenos sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de patrones tolerantes o resistentes, manteniendo la parte aérea de la variedad a cultivar en buenas condiciones.

Con el desarrollo de esta experiencia se pretende evaluar, durante varias campañas consecutivas, el efecto de la utilización de las plantas biocidas utilizando tomate valenciano, así como el efecto de la utilización de portainjertos resistentes a enfermedades.

3. Desarrollo de la innovación

La experiencia se desarrolló en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Valencia) durante 5 años consecutivos bajo una estructura de invernadero tipo parral, con cubierta de malla de 6 x 6 hilos/cm² en ciclo de primavera verano. La experiencia se inició en 2019, hasta 2023. Se utilizó la selección de tomate valenciano de Vicente Peris (La Pobla de Vallbona). Se comparó el cultivo de este tomate injertado y sin injertar bajo dos modalidades de cultivo, con manejo de una rotación de plantas biocidas entre ciclos productivos, frente a un testigo en el que se mantuvo el suelo desnudo. El portainjerto, utilizado en todas las experiencias fue la variedad *Armstrong*, de la firma comercial Syngenta.

Las especies de plantas biocidas utilizadas fueron *Brassica carinata* y *Raphanus sativus*, de manera alterna durante cada una de las campañas. En la primera anualidad, previo a la plantación del cultivo de tomate, se sembró *Brassica carinata* el 14 de enero de 2019, regándose tras la siembra. Tras su desarrollo y generación de suficiente biomasa, se trituró e incorporó previo a la emisión del talamo floral. La incorporación se realizó con rotovator el 23 de abril de 2019, 15 días antes de la plantación del tomate.

En la segunda anualidad se realizó una siembra de *Raphanus sativus* el día 4 de septiembre de 2019, emergiendo las plantas 6 días después, para proceder a su incorporación el 25 de octubre de 2019, una vez alcanzada suficiente biomasa y previo a la emisión del talamo floral.

El tercer año se sembró de nuevo *Brassica carinata* el 17 de septiembre de 2020. Esta germinó aproximadamente una semana después, siendo necesaria la aportación de agua a través de dos riegos consecutivos los días 21 y 30 de septiembre de 2020. En este caso, la incorporación de la

especie biocida al suelo tuvo lugar el día 5 de enero de 2021, aportando además una mezcla de estiércol de vaca y oveja, a razón de 2 kg/m², tanto en la modalidad donde se incluía la especie biocida, como en la modalidad de suelo desnudo.

El 30 de agosto de 2021 se realizó una nueva siembra de *Raphanus sativus*, emergiendo las plantas a la semana de la siembra. En este caso, la incorporación de las plantas biocidas se realizó el día 4 de noviembre de 2021.

El último año de experiencia, el 21 de septiembre de 2022 se procedió a la siembra de *Brassica carinata*, que germinó a los 7 días y se trituró e incorporó al suelo el 11 de enero de 2023.



Fig. 1 Parcela con plantas biocidas y suelo desnudo



Fig. 2 Triturado de plantas biocidas

El primer año, el semillero se realizó 20 de marzo de 2019, la siembra del tomate que no se iba a injertar se realizó el 28 de marzo de 2019, el injerto tuvo lugar el 16 de abril. La plantación tuvo lugar el día 7 de mayo de 2019.

El segundo año, la siembra del tomate que se iba a injertar, junto con el portainjerto, se realizó el 11 de febrero de 2020, injertando las plantas el 9 de marzo de 2020. Las plantas que no iban a ser injertadas se sembraron el 25 de febrero. La plantación tuvo lugar el 26 de marzo de 2020.



Fig. 3 Incorporación estiércol

En el tercer año, la siembra del tomate valenciano que iba a ser injertado, junto con el portainjerto tuvo lugar el día 13 de enero de 2021, realizándose el injerto el día 9 de febrero, que además coincidió con la fecha de siembra del tomate valenciano que no iba a ser injertado. El trasplante tuvo lugar el día 11 de marzo de 2021.

En el cuarto año, la siembra del tomate que se iba a injertar, junto con el portainjerto se realizó el 1 de diciembre de 2021, injertando las plantas el 28 del mismo mes. En esta misma fecha también se sembró el tomate valenciano que no se iba a injertar. La plantación tuvo lugar el día 17 de febrero de 2022.

En el quinto año, la siembra del tomate que se iba a injertar, junto con el portainjerto, se realizó el 28 de diciembre de 2022. El injerto de estas plantas se llevó a cabo el día 25 de enero de 2023, a la vez que se realizó la siembra de las plantas que no iban a ser injertadas. Ambas modalidades de cultivo se plantaron el día 9 de marzo de 2023.

En todas los casos las plantas injertadas se guiaron a 2 tallos, mientras que las plantas no injertadas se llevaron a un único tallo, variando el marco de plantación para que de esta forma resultara el mismo número de tallos por metro cuadrado. La densidad de plantación con la planta injertada fue de 2 metros entre hileras y 0,33 metros entre plantas dentro de la misma línea, mientras que en la planta sin injertar fue de 2 metros entre líneas y 0,33 metros entre plantas, dispuestas al tresbolillo, lo que resultó en ambos casos una densidad de 3 tallos por metro cuadrado.

En el momento del trasplante se instaló, en todas las campañas, un sistema de semiforzado a base de acolchado biodegradable negro de 60 galgas de espesor y 1 m de ancho y un micro túnel de polipropileno no tejido de 17 g/m², que se retiró con la aparición de los primeros ramilletes de flor, para posibilitar la polinización de las flores de tomate que se realizó mediante suelta *Bombus terrestris* y también para facilitar las tareas de poda y entutorado de las plantas.



Fig. 4 Colocación del sistema de semiforzado

El sistema de riego utilizado fue localizado, con goteros integrados a 0,33 m y un caudal de 2,2 litros/hora.

Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones y 10 tallos por parcela elemental, analizándose la producción comercial, producción de destrío y el peso medio de los frutos comerciales.

También se evaluaron aspectos agronómicos como altura de la planta, longitud del foliolo, nº de entrenudos por planta, además de vigor, frondosidad y homogeneidad de las mismas, en la fase final del cultivo. Para la valoración de vigor, frondosidad y homogeneidad se asignó (de menor a mayor) una escala de valores de 0-10.

Al finalizar el cultivo se realizó una estimación del estado vegetativo, con una escala de 0 a 5, de peor a mejor, además se contabilizaron las plantas muertas y el índice de nodulación en cada caso (escala de valores de 0-10. 0 se correspondía con nula presencia de nematodos y 10 con presencia máxima).

Por último, se llevaron a cabo unas analíticas de suelo, en las que se determinó una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos, justo antes de la plantación del tomate, en cada una de las anualidades.

4. Resultados

El primer año se iniciaron las recolecciones el día 12 de julio de 2019, contabilizándose un total de 13 recolecciones y dando por concluida la experiencia el día 14 de agosto de 2019.

En el segundo año las recolecciones se iniciaron el 12 de junio de 2020 y finalizaron el 3 de agosto, con un total de 24 recolecciones.

El tercer año se realizaron un total de 20 recolecciones entre el 11 de junio de 2021 y el 26 de julio.

El cuarto año las recolecciones se llevaron a cabo entre el 13 de junio y el 5 de agosto de 2022, realizándose un total de 16 recolecciones.

El quinto año, las recolecciones se llevaron a cabo entre el 22 de mayo y el 31 de julio de 2023, realizándose un total de 30 recolecciones.

En la producción comercial, no se detectaron diferencias significativas a nivel estadístico (d.s.n.e.) entre las plantas injertadas y sin injertar, ni tampoco entre los distintos manejos del suelo, para ninguna de las campañas en estudio, a excepción del año 2022, en que se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0.05$, siendo el tratamiento testigo el más productivo (Tablas 1-5).

Al analizar el peso medio de los frutos no se observaron d.s.n.e. entre los diferentes manejos del suelo para ninguna de las campañas analizadas, en cambio, sí se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre las plantas injertadas y sin injertar en los años 2019 y 2023 y con d.s.n.e. $P \leq 0.05$ en el año 2020. En los tres años, el peso medio de los frutos fue mayor con la planta injertada (Tablas 1-5).

En las producciones de destrío no se detectaron d.s.n.e. ni entre los diferentes manejos del suelo, ni entre la modalidad de planta injertada frente a la no injertada (Tablas 1-5).

No se observaron interacciones significativas entre modalidad de injerto y uso de biocidas o no.

Tabla 1. Rendimientos productivos 2019

Injerto x Tratamiento	Rendimiento comercial (kg/m ²)	Peso medio de frutos (kg)	Destrío (kg/m ²)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	7,92	0,26 a	1,33
Sin injertar	7,47	0,22 b	1,38
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	7,88	0,24	1,44
Testigo	7,51	0,24	1,28
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)	
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	n.s.	**	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 2. Rendimientos productivos 2020

Injerto x Tratamiento	Rendimiento comercial (kg/m ²)	Peso medio de frutos (kg)	Destrío (kg/m ²)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	6,50	0,23 a	1,27
Sin injertar	7,06	0,21 b	1,03
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	6,75	0,22	1,11
Testigo	6,81	0,22	1,19
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)	
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	n.s.	*	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 3. Rendimientos productivos 2021

Injerto x Tratamiento	Rendimiento comercial (kg/m ²)	Peso medio de frutos (kg)	Destrío (kg/m ²)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	3,88	0,20	1,57
Sin injertar	4,70	0,20	2,01
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	4,29	0,20	1,78
Testigo	4,29	0,20	1,79
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)	
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 4. Rendimientos productivos 2022

Injerto x Tratamiento	Rendimiento comercial (kg/m ²)	Peso medio de frutos (kg)	Destrío (kg/m ²)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	7,40	0,25	0,46
Sin injertar	7,63	0,25	0,71
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	6,74 b	0,25	0,56
Testigo	8,30 a	0,24	0,61
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)	
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Biocidas (1)	*	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 5. Rendimientos productivos 2023

Injerto x Tratamiento	Rendimiento comercial (kg/m ²)	Peso medio de frutos (kg)	Destrío (kg/m ²)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	12,58	0,25 a	0,97
Sin injertar	11,62	0,23 b	1,72
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	12,17	0,24	1,31
Testigo	12,03	0,24	1,37
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)	
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	n.s.	**	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, P≤0,05 y P≤0,01 respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas P≤0,05, según el test LSD.

En cuanto al desarrollo de la planta, se detectó en la campaña 2019 d.s.n.e. P<0.05 entre las plantas injertadas, y las no injertadas, observando una mayor altura de los tallo en las plantas sin injertar, frente a las injertadas. Entre los diferentes manejos del suelo no se detectaron d.s.n.e. en la altura de la planta No se apreciaron interacciones entre planta injertada y modalidad de cultivo. (Tabla 6).

Tabla 6. Desarrollo de la planta. 2019

Injerto x Tratamiento	Fecha:	26/07/2019
	Altura (cm)	
<i>Injerto</i>		
Planta injertada	167,40	b
Sin injertar	186,90	a
<i>Tratamiento</i>		
Biocidas	179,22	
Testigo	175,08	
Análisis de la varianza		Probabilidad (F)
Parámetros (grados de libertad)		
Injerto (1)		*
Biocidas (1)		n.s.
Injertox Tratamiento (1)		n.s.

ns, *, **. No significativo, P≤0,05 y P≤0,01 respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas P≤0,05, según el test LSD.



Fig. 5 Vista general planta injertada



Fig. 6 Vista general planta sin injertar

En el año 2020 se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre las plantas injertadas y sin injertar en algunos parámetros como la longitud de los folíolos, el vigor de la planta y la frondosidad, que fueron mayores en la planta injertada frente a la no injertada. También pudieron detectarse d.s.n.e. $P \leq 0.05$ en la homogeneidad del cultivo, que fue mayor en el tratamiento testigo frente al tratamiento que incorporaba plantas biocidas. No se observaron interacciones entre planta injertada y modalidad de cultivo. (Tabla 7).

Tabla 7. Desarrollo de la planta. 2020

		Fecha: 17/06/2020				
Injerto x Tratamiento	Altura (cm)	Longitud foliolo (cm)	Nº entrenudos	Vigor (0-10)	Frondosidad (0-10)	Homogeneidad (0-10)
<i>Injerto</i>						
Planta injertada	152,78	38,70 A	15,55	8,83 A	7,83 A	8,00
Sin injertar	144,20	32,62 B	15,68	6,83 B	6,17 B	7,17
<i>Tratamiento</i>						
Biocidas	154,67	36,30	15,87	8,00	7,17	7,33 b
Testigo	142,32	35,02	15,37	7,67	6,83	7,83 a
Análisis de la varianza Probabilidad (F)						
Parámetros (grados de libertad)						
Injerto (1)	n.s.	**	n.s.	**	**	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Injerto x Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **, No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD

En el año 2021, también se observaron d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre las plantas injertadas y las no injertadas en la longitud de los folíolos, vigor, frondosidad y homogeneidad de las plantas, que siempre fue mayor en aquellas que estaban injertadas. No se detectaron d.s.n.e. entre los diferentes manejos del suelo. Tampoco se apreciaron interacciones entre planta injertada o no y modalidad de cultivo, (Tabla 8).

Tabla 8. Desarrollo de la planta. 2021

Fecha: 01/07/2021						
Injerto x Tratamiento	Altura (cm)	Longitud foliolo (cm)	Nº entrenudos	Vigor (0-10)	Frondosidad (0-10)	Homogeneidad (0-10)
<i>Injerto</i>						
Planta injertada	192,80	41,90 A	31,68	8,33 A	7,67 A	8,00 A
Sin injertar	206,93	39,00 B	32,20	6,50 B	6,00 B	6,92 B
<i>Tratamiento</i>						
Biocidas	194,37	41,03	31,85	7,58	6,83	7,25
Testigo	205,37	40,87	32,03	7,25	6,83	7,67
Análisis de la varianza Probabilidad (F)						
Parámetros (grados de libertad)						
Injerto (1)	n.s.	**	n.s.	**	**	**
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Injerto x Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD

En el año 2022 los resultados de desarrollo del cultivo fueron similares, las plantas injertadas se observó un mayor vigor y longitud de los foliolos detectando d.s.n.e. $P \leq 0,05$ frente a las plantas no injertadas y con d.s.n.e. $P \leq 0,01$ en la frondosidad, observando valores mas altos para la planta injertada. No se observaron interacciones estadísticamente significativas entre injerto y modalidad de cultivo (Tabla 9).

Tabla 9. Desarrollo de la planta. 2022

Fecha: 01/07/2022						
Injerto x Tratamiento	Altura (cm)	Longitud foliolo (cm)	Nº entrenudos	Vigor (0-10)	Frondosidad (0-10)	Homogeneidad (0-10)
<i>Injerto</i>						
Planta injertada	226,52	41,87 a	46,07	10,00 a	10,00 A	8,83
Sin injertar	231,83	39,38 b	44,90	8,83 b	8,00 B	9,33
<i>Tratamiento</i>						
Biocidas	228,50	40,07	45,03	9,67	9,17	9,33
Testigo	229,85	41,18	45,93	9,17	8,83	8,83
Análisis de la varianza Probabilidad (F)						
Parámetros (grados de libertad)						
Injerto (1)	n.s.	*	n.s.	*	**	n.s.
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Injerto x Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD

En el año 2023 también se observó un mayor desarrollo de las plantas injertadas detectando d.s.n.e $P \leq 0,01$ en la altura de la planta, longitud de los foliolos, vigor, frondosidad y homogeneidad de las plantas y d.s.n.e. $P \leq 0,05$ en el caso del número de entrenudos por planta. La homogeneidad del cultivo también fue mejor en el tratamiento con plantas biocidas frente al testigo, detectando d.s.n.e $P \leq 0,05$ entre tratamientos. No se detectaron interacciones estadísticamente significativas entre planta injertada y modalidad de cultivo (Tabla 10).

Tabla 10. Desarrollo de la planta. 2023

Fecha: 21/06/2023						
Injerto x Tratamiento	Altura (cm)	Longitud foliolo (cm)	Nº entrenudos	Vigor (0-10)	Frondosidad (0-10)	Homogeneidad (0-10)
<i>Injerto</i>						
Planta injertada	243,95 A	43,82 A	41,97 a	10,00 A	8,50 A	9,17 A
Sin injertar	219,15 B	36,05 B	38,73 b	8,50 B	6,50 B	8,17 B
<i>Tratamiento</i>						
Biocidas	229,23	39,07	39,80	9,33	7,67	9,00 a
Testigo	233,87	40,80	40,90	9,17	7,33	8,33 b
Análisis de la varianza						
Parámetros (grados de libertad)						
Injerto (1)	**	**	*	**	**	**
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Injerto x Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD

Al analizar el aspecto final de la planta, una vez concluidas las recolecciones, se pudo observar en la campaña 2019 que las plantas injertadas llegaron en mejor estado que las plantas sin injertar y con un menor índice de nodulaciones en las raíces, observando en ambos casos d.s.n.e. $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$, respectivamente. No se detectaron d.s.n.e. entre manejos de suelo, durante ese año. Para estos parámetros, no se detectaron interacciones estadísticamente significativas. (Tabla 11).

Tabla 11. Estado final de la planta. 2019

Fecha: 14/08/2019			
Injerto x Tratamiento	Estado vegetativo (0-5)	% Plantas muertas	Índice nodulación (0-10)
<i>Injerto</i>			
Planta injertada	4,50 A	0,00	4,67 b
Sin injertar	1,67 B	0,00	7,00 a
<i>Tratamiento</i>			
Biocidas	3,00	0,00	6,00
Testigo	3,17	0,00	5,67
Análisis de la varianza			
Parámetros (grados de libertad)			
Injerto (1)	**	n.s.	*
Biocidas (1)	n.s.	n.s.	n.s.
Injerto x Tratamiento (1)	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.



Fig. 7 Estado final de la planta injertada



Fig. 8 Estado final de la planta sin injertar

En el año 2020 en las plantas injertadas se observó un mejor aspecto al final del cultivo, con d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre éstas y las plantas no injertadas. En el caso del manejo del suelo, en el tratamiento con biocidas se detectó un menor índice de nodulación en las raíces de las plantas, detectando d.s.n.e. $P \leq 0.01$ con respecto al testigo. Para estos parámetros, nos se detectaron interacciones estadísticamente significativas. (Tabla 12).

Tabla 12. Estado final de la planta. 2020

Injerto x Tratamiento		Fecha: 03/08/2020		
		Estado vegetativo (0-5)	% Plantas muertas	Índice nodulación (0-10)
<i>Injerto</i>				
	Planta injertada	4,83 A	0,00	5,80
	Sin injertar	3,33 B	0,00	6,63
<i>Tratamiento</i>				
	Biocidas	4,17	0,00	5,33 B
	Testigo	4,00	0,00	7,10 A
Análisis de la varianza				
Parámetros (grados de libertad)				
Injerto (1)		**	n.s.	n.s.
Biocidas (1)		n.s.	n.s.	**
Injertox Tratamiento (1)		n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

En el año 2021 se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre manejos de suelo, siendo el que incorporaba plantas biocidas en el que se observó un menor índice de nodulación en las raíces de las plantas. Para estos parámetros, no se detectaron interacciones estadísticamente significativas. (Tabla 13).

Tabla 13. Estado final de la planta. 2021

		Fecha: 26/07/2021		
Injerto x Tratamiento		Estado vegetativo (0-5)	% Plantas muertas	Índice nodulación (0-10)
<i>Injerto</i>				
	Planta injertada	-	-	2,43
	Sin injertar	-	-	3,03
<i>Tratamiento</i>				
	Biocidas	-	-	1,47 B
	Testigo	-	-	4,00 A
Análisis de la varianza				
Parámetros (grados de libertad)				
Injerto (1)		-	-	n.s.
Biocidas (1)		-	-	**
Injerto x Tratamiento (1)		-	-	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.



Fig. 9 Raíces de plantas injertadas



Fig. 10 Estado final de la planta sin injertar

En el año 2022 no se detectó presencia de nódulos en las raíces de las plantas en ningún tratamiento, pero sí se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0.01$ entre las plantas injertadas y las no injertadas en el estado final de la planta y en el número de plantas muertas, que fue nulo en el caso de las plantas injertadas. En esta campaña, el tratamiento testigo llegó al final con un mejor aspecto de las plantas que el tratamiento con plantas biocidas, detectándose d.s.n.e. $P \leq 0.05$ entre ambos. Se aprecia una interacción estadísticamente significativa, para el estado vegetativo de la planta, que se explica, porque el peor aspecto final de las plantas en las parcelas con incorporación de biocidas, se debía a las plantas no injertadas que a aquellas que se habían injertado (Tabla 14).

Tabla 14. Estado final de la planta. 2022

		Fecha: 09/08/2022		
Injerto x Tratamiento		Estado vegetativo (0-5)	% Plantas muertas	Índice nodulación (0-10)
<i>Injerto</i>				
	Planta injertada	5,00 A	0,00 B	0,00
	Sin injertar	3,17 B	13,33 A	0,00
<i>Tratamiento</i>				
	Biocidas	3,67 b	8,33	0,00
	Testigo	4,50 a	5,00	0,00
Análisis de la varianza				
Parámetros (grados de libertad)				
Injerto (1)		**	**	n.s.
Biocidas (1)		*	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)		*	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

En el año 2023 se observó un mejor aspecto de las plantas injertadas y ausencia de plantas muertas, detectándose d.s.n.e. $P \leq 0,01$ entre éstas y las plantas no injertadas. No se detectaron d.s.n.e. entre tratamientos del suelo para esta última campaña. Para estos parámetros, no se detectaron interacciones estadísticamente significativas. (Tabla 15).

Tabla 15. Estado final de la planta. 2023

		Fecha: 03/08/2023		
Injerto x Tratamiento		Estado vegetativo (0-5)	% Plantas muertas	Índice nodulación (0-10)
<i>Injerto</i>				
	Planta injertada	5,00 A	0,00 B	2,13
	Sin injertar	2,17 B	33,33 A	1,73
<i>Tratamiento</i>				
	Biocidas	3,33	25,00	1,70
	Testigo	3,83	8,33	2,17
Análisis de la varianza				
Parámetros (grados de libertad)				
Injerto (1)		**	**	n.s.
Biocidas (1)		n.s.	n.s.	n.s.
Injertox Tratamiento (1)		n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Al analizar los parámetros más importantes en las analíticas de suelo, no se observaron diferencias entre modalidades de manejo. Únicamente se detectaron d.s.n.e. para algunos parámetros en la campaña 2020 y 2023. En 2020, se detectaron d.s.n.e. $P \leq 0,01$ en el % de ácidos húmicos (mayor en testigo) y ácidos fúlvicos (mayor en el manejo de biocidas) y d.s.n.e. $P \leq 0,05$ en el sodio de cambio, que fue mayor en el caso de la utilización de plantas biocidas. En la campaña 2023 el sodio de cambio fue mayor en el caso del testigo con d.s.n.e. $P \leq 0,05$ con respecto a las biocidas. Aunque, sin observar d.s.n.e. se aprecia en las analíticas un mayor porcentaje de materia orgánica en las parcelas en las que se incorporó las plantas biocidas, a

excepción del tercer año, en el que coincide con la aportación en todas las parcelas de una enmienda orgánica. (Tablas 16-20).

Tabla 16. Analíticas de suelo previo a la plantación del tomate, 2019

	Materia Orgánica (%)	Fósforo (OLSEN) (ppm)	Sodio de cambio meq/100gr	Suma de Cationes meq/100gr	Porosidad ε(%)	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Biocidas	1,66	29,12	1,44	17,22	55,81	35,76	64,24
Testigo	1,50	29,73	1,37	17,72	57,62	30,46	69,54
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 17. Analíticas de suelo previo a la plantación del tomate, 2020

	Materia Orgánica (%)	Fósforo (OLSEN) (ppm)	Sodio de cambio meq/100gr	Suma de Cationes meq/100gr	Porosidad ε(%)	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Biocidas	1,76	94,62	1,83 a	17,70	47,67	23,42 B	76,58 A
Testigo	1,65	96,07	1,59 b	17,45	49,33	36,48 A	63,52 B
	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 18. Analíticas de suelo previo a la plantación del tomate, 2021

	Materia Orgánica (%)	Fósforo (OLSEN) (ppm)	Sodio de cambio meq/100gr	Suma de Cationes meq/100gr	Porosidad ε(%)	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Biocidas	1,97	38,42	1,96	16,83	57,23	23,11	76,89
Testigo	1,99	38,11	2,20	17,24	50,74	25,22	74,78
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 19. Analíticas de suelo previo a la plantación del tomate, 2022

	Materia Orgánica (%)	Fósforo (OLSEN) (ppm)	Sodio de cambio meq/100gr	Suma de Cationes meq/100gr	Porosidad ε(%)	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Biocidas	1,95	69,49	2,72	20,78	54,58	31,69	68,31
Testigo	1,82	61,03	2,18	20,18	54,50	20,15	79,85
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 20. Analíticas de suelo previo a la plantación del tomate, 2023

	Materia Orgánica (%)	Fósforo (OLSEN) (ppm)	Sodio de cambio meq/100gr	Suma de Cationes meq/100gr	Porosidad ε(%)	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Biocidas	1,81	90,51	1,29 b	17,60	54,57	30,34	69,66
Testigo	1,57	88,94	1,77 a	17,95	54,54	26,59	73,41
	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

ns, *, **. No significativo, $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$ respectivamente. Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

5. Conclusiones

La utilización de plantas biocidas en la rotación del cultivo o el empleo de planta injertada no mejoraron los rendimientos comerciales. Tampoco afectaron de manera significativa a la producción de destrío, ligeramente inferiores en las plantas injertadas.

La utilización de planta injertada indujo un mayor peso medio de los frutos, mientras que la utilización de plantas biocidas no tuvo efecto alguno sobre este parámetro.

El empleo de las plantas biocidas en la rotación del cultivo no mejoró el vigor y el desarrollo de las plantas de tomate, mientras que sí que lo hizo el empleo de planta injertada, induciendo un mayor vigor y desarrollo de las plantas.

Las plantas injertadas, en la mayor parte de los años, llegaron al final del cultivo en mejores condiciones vegetativas, con un menor índice de plantas muertas, ese efecto nuso de plantas biocidas independientemente del tipo del suelo sobre el que se habían do se observó con el uso de plantas biocidas.

La utilización de plantas biocidas redujo el índice de nodulación o agallas causadas por nematodos en las raíces de las plantas, durante los primeros años, efecto que se diluyó en los 2 últimos años, debido posiblemente a una baja intensificación de las rotaciones.

La incorporación de las especies biocidas en la rotación del cultivo no afectó de manera clara a los parámetros físicos ni químicos del suelo, aunque aumentó ligeramente los niveles de materia orgánica de éste.

6. Referencias bibliográficas

- Bello, A.; López-Pérez, J.A.; García, A. 2003. “Biofumigación en Agricultura Extensiva de Regadío. Coed. Fundación Ruralcaja Alicante y Mundi Prensa.
- Cebolla, V: “Desinfección del suelo. Técnicas de aplicación”. IV Jornads de actualización en Cultivos Hortícolas. Centro de Transferencia de Tecnología Agraria-IVIA, Valencia, 2005.
- Maroto, José Vicente. Elementos de Horticultura General 3ª Edición. 2008. Ed. Mundi Prensa.
- Tello, J.C.: “algunas consideraciones sobre la desinfección de suelos hotícolas” Levante agrícola, 191 pg. 11-19, 1977.

Uso combinado de *Trichoderma harzianum* y *Nesidiocoris tenuis* en el cultivo de tomate

Combined use of Trichoderma harzianum and Nesidiocoris tenuis in tomato cultivation

Oscar Mollá, Alberto Urbaneja, Beatriz Granero-García, Raúl Ortells-Fabra y Meritxell Pérez-Hedo

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, (IVIA), CV-315, Km 10.7, 46113 Moncada, Valencia, meritxell_p@hotmail.com.

How to cite: Mollá, O.; Urbaneja, A.; Granero-García, B.; Morales-Amezcuca, P.; Ortells_Fabra, R. y Pérez-Hedo, M. 2024. Uso combinado de *Trichoderma harzianum* y *Nesidiocoris tenuis* en el cultivo de tomate. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. Valencia, 30 de mayo de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAV2024.2024.18675>

Abstract

The zoophytophagous Nesidiocoris tenuis is the main biological control agent in tomato crops in Southern Europe. When N. tenuis is well established on crops, it can control both T. absoluta and B. tabaci. However, its use can be controversial because it can also damage plants, leading to wilting and yield losses, especially in times of prey scarcity. The inoculation of the beneficial fungus Trichoderma harzianum in tomato crops enhance tomato growth, pest resilience, and stress tolerance. The present study shows the results of the combination of these two agents under semi-field and open-field cultivation conditions. Trichoderma harzianum has beneficial effects on plants growth, does not affect N. tenuis establishment, and reduces the damage produced by this predatory mirid on plants.

Keywords: *zoophytophagous mirid, biological control, necrotic rings*

Resumen

El zoofitófago Nesidiocoris tenuis es el principal agente de control en los cultivos de tomate en el sur de Europa. Cuando N. tenuis está bien instalado en el cultivo puede controlar tanto T. absoluta como B. tabaci. Sin embargo, su uso puede ser controvertido debido a que puede dañar las plantas produciendo marchitamiento y pérdidas en la producción, especialmente cuando hay escasez de presa. La inoculación del hongo

beneficioso *Trichoderma harzianum* en el cultivo de tomate mejora el crecimiento, la resistencia a plagas y la tolerancia al estrés. El presente estudio muestra los resultados obtenidos en la combinación de estos dos agentes de control bajo condiciones de campo y semicampo. *Trichoderma harzianum* tiene efectos beneficiosos en el crecimiento de las plantas, no afecta a la instalación de *N. tenuis* en el cultivo y reduce el daño producido por este mirido en las plantas.

Palabras clave: mirido zoofitófago, control biológico, anillos necróticos

1. Introducción

El uso del mirido depredador *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) es una estrategia que se ha integrado con éxito en los programas de gestión integrada de plagas en cultivos de tomate (Pérez-Hedo y Urbaneja, 2016). Cuando este depredador está bien instalado en el cultivo es capaz de controlar tanto *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) como *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae), las dos plagas clave del tomate en España (Calvo et al., 2009; Urbaneja et al., 2008). Además, su uso aporta otros beneficios a parte de la depredación directa sobre las plagas, ya que, su comportamiento fitófago activa las vías de señalización del ácido abscísico y del ácido jasmónico, lo que hace a esas plantas menos atractivas para la mosca blanca, pero más atractivas para su parasitoide *Encarsia Formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) (Pérez-Hedo et al., 2015). Sin embargo, esta fitofagia puede hacer que su uso sea controvertido bajo ciertas circunstancias. Cuando la presa es escasa, la fitofagia es mayor formándose lo que se conoce como anillos necróticos y provocando disminución en la altura de la planta, marchitamiento, abortos florales y puncaduras en los frutos (Chinchilla-Ramírez et al., 2021), pudiendo llegar a ser considerado una plaga en ciertos lugares (Moerkens et al., 2020). Esta controversia hace necesaria la búsqueda de estrategias que contrarresten el daño que provoca *N. tenuis* en las plantas.

En este sentido, se ha observado que cuando las plantas de tomate se inoculan con el hongo beneficioso *Trichoderma harzianum* Rifai (Hypocreales: Hypocreaceae) adquieren ciertas ventajas: crecen más aumentando su rendimiento, presentan una mayor resistencia a plagas y enfermedades, toleran mejor el estrés sufrido por factores como la sequía, calor y salinidad, y, además, aumenta la disponibilidad de nutrientes (Woo et al., 2023). Estos beneficios que aporta *T. harzianum* podrían ser de ayuda a la hora de mitigar el daño que produce *N. tenuis* en las plantas, por lo que sería interesante estudiar la combinación de ambos agentes en el cultivo de tomate.

2. Objetivos

Evaluar si la inoculación con *T. harzianum* puede tener algún efecto sobre la instalación de *N. tenuis* en el cultivo.

Evaluar el efecto que tiene la integración de ambos agentes sobre el crecimiento de la planta (la altura y el número de folíolos de las plantas de tomate).

Evaluar si la inoculación con *T. harzianum* puede mitigar el daño que produce *N. tenuis* en las plantas de tomate dado su comportamiento fitófago.

3. Desarrollo de la innovación

3.1 Nesidiocoris tenuis y T. harzianum

En ambos ensayos los individuos de *N. tenuis* que se usaron provenían de Bioline Agrosience, S.L. (Almería, España) (Nesiline©), mientras que *T. harzianum* T-22 (Triatum-P©) fue suministrado por Koppert Biological Systems S.L. (Almería, España). La dosis de inoculación con *T. harzianum* utilizada fue la recomendada por el fabricante (0,03g / planta, según Koppert B.S., 2023).

3.2 Estudio en condiciones de semicampo

Se usaron 24 plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), las cuales fueron inoculadas con *T. harzianum* cuando desarrollaron tres hojas verdaderas. Tres días después de la inoculación con *T. harzianum*, se liberó una pareja (un macho y una hembra) de *N. tenuis* por planta en aquellos tratamientos que implicaban la liberación del mirido. Como alimento, semanalmente, se le ofrecían huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) ad libitum. Durante un período de ocho semanas, con una frecuencia semanal, se midió la altura (en centímetros) y se contó el número de folíolos por planta. Del mismo modo, se registró semanalmente el número de *N. tenuis* por planta, el número de anillos necróticos y el número de folíolos marchitos en cada planta.

El diseño experimental se basó en la combinación de dos factores: la inoculación o no de *T. harzianum*, en presencia o no de *N. tenuis*, resultando en un total de 4 combinaciones de 6 repeticiones cada una de ellas.

El ensayo se llevó a cabo en una cámara climática bajo condiciones controladas de 25±2 °C de temperatura, 50%±10 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 14L:10O horas.

3.3 Estudio en condiciones de campo al aire libre

Las plantas de tomate, se sembraron en semillero el 31 de enero de 2023. Aproximadamente un mes y medio más tarde, cuando las plantas tenían 3 hojas verdaderas, se trasplantaron individualmente en macetas (8 x 8 x 8 cm). Una semana después, durante el riego, la mitad de las plantas se inocularon con *T. harzianum*. Tres días después de la inoculación, se liberó 1 pareja de *N. tenuis* por planta una semana antes de su trasplante a campo con huevos de *E. kuehniella*.

El estudio se llevó a cabo en un campo al aire libre (80 x 8 m) ubicado en la estación experimental del IVIA en Villarreal (39.94429 N, -0.13697 W, 65 m). Las plantas de tomate se trasplantaron en el campo distribuidas en dos filas de 72 plantas cada una (Fig. 1 A y B). Estas filas, se dividieron en dos bloques con una separación de dos metros entre ellos (quedando un total de 4 bloques). En estos bloques, se evaluó la inoculación o no de *T. harzianum* en grupos de 6 plantas, quedando un total de 12 repeticiones por cada tratamiento. Las poblaciones de *T. absoluta* se monitorizaron mediante la colocación de dos trampas delta con feromona, una a cada extremo del campo, a una altura de 1,5 m aproximadamente y evaluación semanal del número de foliolos atacados por planta.



Fig. 1 Imagen del campo experimental (día 1) (A) y el cultivo más avanzado (B)

4. Resultados

4.1 Estudio en condiciones de semicampo

Las plantas inoculadas con *T. harzianum* tuvieron una mayor altura que las no inoculadas alcanzando $54,94 \pm 0,92$ cm y $42,44 \pm 1,10$ cm respectivamente. En cambio, la presencia de *N. tenuis* redujo significativamente la altura de las plantas de tomate en comparación con las plantas sin depredador ($46,19 \pm 1,60$ cm y $51,20 \pm 1,20$ cm, respectivamente). La interacción entre *T. harzianum* y *N. tenuis* fue significativa, mostrando que la reducción en la altura debido a la presencia de *N. tenuis* fue menor en las plantas inoculadas con *T. harzianum* en comparación con las no inoculadas.

El número de *N. tenuis* por planta no varió, independientemente de si se inoculó *T. harzianum* o no ($24,29 \pm 10,13$ y $23,85 \pm 15,17$). Sin embargo, el número de anillos necróticos por planta fue significativamente menor en las plantas que habían sido inoculadas con *T. harzianum* en comparación con aquellas que no lo habían sido ($8,71 \pm 1,09$ y $2,73 \pm 2,15$, respectivamente). Lo mismo ocurrió cuando se evaluó el marchitamiento producido por *N. tenuis*, siendo significativamente menor en las plantas no inoculadas con *T. harzianum* ($0,95 \pm 0,45$ frente a $0,21 \pm 0,21$).

4.2 Estudio en condiciones de campo al aire libre

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la inoculación con *T. harzianum* no tuvo influencia sobre el desarrollo normal de las plantas ya que, el número de folíolos por planta no varió significativamente entre tratamientos ($3216,79 \pm 118,4$ y $3244 \pm 76,28$, respectivamente).

Por otro lado, a pesar de que el número de machos de *T. absoluta* capturados en las trampas de feromona fue elevado alcanzando un máximo de 297 individuos capturados en 15 días, el porcentaje de folíolos atacados por planta fue muy bajo independientemente del tratamiento, no superando el valor de 6% al final del cultivo. Esto se debió probablemente a la correcta instalación de *N. tenuis* en todo el cultivo (Fig. 2), la cual no presentó diferencias significativas entre ambos tratamientos (inoculación ($30,95 \pm 2,28$) o no con *T. harzianum* ($26,87 \pm 2,03$)), coincidiendo con los resultados obtenidos en condiciones de semicampo. Lo mismo ocurrió con el daño producido por *N. tenuis*, ya que, la inoculación con *T. harzianum* resultó en una disminución significativa en el número de anillos necróticos por planta en comparación con aquellas que no fueron inoculadas ($5,35 \pm 0,58$ frente a $9,67 \pm 0,93$).



Fig. 2 Adultos de *N. tenuis* instalados en una de las plantas de tomate del ensayo en condiciones de campo al aire libre

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la inoculación de *T. harzianum* tuvo un impacto positivo en el desarrollo de las plantas de tomate. Las plantas inoculadas con *T. harzianum* exhibieron una mayor altura y un mayor número de folíolos.

Por otro lado, las poblaciones de *N. tenuis* no se vieron afectadas por la inoculación de *T. harzianum* ni en condiciones de semicampo, ni en condiciones de campo al aire libre. En cambio, si hubo un menor daño atribuido a este mirido depredador, como se observó en un menor número de anillos necróticos y marchitamiento.

Por lo tanto, podemos concluir que la combinación de ambos agentes en el cultivo de tomate resultaría en una estrategia que favorecería el cultivo de tomate. La búsqueda de sinergias con enfoques combinados de agentes biológicos de amplio espectro (Por ejemplo: *T. harzianum*, miridos) encajan en las premisas de una agricultura sostenible.

6. Referencias bibliográficas

- Calvo, J., Bolekmans, K., Stansly, P.A., Urbaneja, A., 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl* 54, 237–246. <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9164-y>
- Chinchilla-Ramírez, M., Garzo, E., Fereres, A., Gavara-Vidal, J., ten Broeke, C.J.M., van Loon, J.J.A., Urbaneja, A., Pérez-Hedo, M., 2021. Plant feeding by *Nesidiocoris tenuis*: Quantifying its behavioral and mechanical components. *Biological Control* 152, 104402. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104402>
- Koppert B.S., 2023. Trianum-P [WWW Document]. <https://www.koppert.es/trianum-p>.

- Moerkens, R., Pekas, A., Bellinkx, S., Hanssen, I., Huysmans, M., Bosmans, L., Wäckers, F., 2020. *Nesidiocoris tenuis* as a pest in Northwest Europe: Intervention threshold and influence of Pepino mosaic virus. *Journal of Applied Entomology* 144, 566–577. <https://doi.org/10.1111/jen.12789>
- Pérez-Hedo, M., Urbaneja, A., 2016. The zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*: a successful but controversial biocontrol agent in tomato crops, in: Horowitz, A.R., Ishaaya, I. (Eds.), *Advances in Insect Control and Resistance Management*. Springer International Publishing, Dordrecht, Netherlands, pp. 121–138.
- Pérez-Hedo, M., Urbaneja-Bernat, P., Jaques, J.A., Flors, V., Urbaneja, A., 2015. Defensive plant responses induced by *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) on tomato plants. *J Pest Sci* (2004) 88, 543–554. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0640-0>.
- Urbaneja, A., Montón, H., Vanaclocha, P., Mollá-Hernández, Ó., & Beitia, F. J. (2008). La polilla del tomate, *Tuta absoluta*, una nueva presa para los míridos *Nesidiocoris tenuis* y *Macrolophus pygmaeus*. *Agrícola vergel*, (320), 361-367.
- Woo, S.L., Hermosa, R., Lorito, M., Monte, E., 2023. *Trichoderma*: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nat Rev Microbiol* 21, 312–326. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5>

Control integrado de las principales plagas en cultivo de tomate

Integrated control of the main pests in tomato crops

Juan-Vicente Roig-Mont

Departament tècnic, zona levante, Koppert España S.L.; Calle Cobre, 22. Polígono Ind. Ciudad del Transporte. 04745 La Mojonera, Almería (Spain), JvRoig@koppert.es.

How to cite: Roig-Mont, J.-V. 2024. Control integrado de las principales plagas en cultivo de tomate. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18663>

Abstract

*The tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) and the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. are major pests of tomato. The mirid bug *Nesidiocoris tenuis* Reuter is an effective natural enemy of whitefly and *T. absoluta*. In addition, some parasitoids from the Mediterranean basin have been found attacking *T. absoluta* and *Necremnus tutae* (Walker).*

*This communication show the results from experiments conducted to develop a biologically based management strategy in tomato for *T. absoluta* and white fly control.*

*It first shows the results evaluating an release method for *Nesidiocoris tenuis*. It was demonstrated that this release method (pre-plant application) increased control capacity of *N. tenuis*, provided good control of *T. absoluta* and white fly and reduced control costs.*

*Thus, the pre-plant application of *N. tenuis* alone would be the more efficient method due to it reduces control costs and complexity. Implementation of this strategy has greatly increased the use of biologically-based management strategies in tomato in Spain and would likely have the same effect in other production areas around the world.*

Keywords: *Tuta absoluta, whitefly, Nesidiocoris tenuis, tomato, Necremnus artynes, release method*

Resumen

El barrenador del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) y la mosca blanca del tabaco, *Bemisia tabaci* Genn. Son plagas importantes del tomate. El chinche mirido *Nesidiocoris tenuis* Reuter es un enemigo natural eficaz de la mosca blanca y *T. absoluta*. Además, se han encontrado algunos parasitoides de la cuenca mediterránea atacando a *T. absoluta* y *Necremnus tutae* (Walker).

Esta comunicación muestra los resultados de experimentos realizados para desarrollar una estrategia de manejo de base biológica en tomate para el control de *T. absoluta* y la mosca blanca.

Primero se muestran los resultados de la evaluación de un método de liberación de *Nesidiocoris tenuis*. Se demostró que este método de liberación (aplicación pre-planta) aumentó la capacidad de control de *N. tenuis*, proporcionó un buen control de *T. absoluta* y mosca blanca y redujo los costos de control.

Por lo tanto, la aplicación previa a la planta de *N. tenuis* sola sería el método más eficiente debido a que reduce los costos y la complejidad del control. La implementación de esta estrategia ha aumentado enormemente el uso de estrategias de manejo de base biológica en el tomate en España y probablemente tendría el mismo efecto en otras áreas de producción alrededor del mundo.

Palabras clave: *Tuta absoluta*, mosca blanca, *Nesidiocoris tenuis*, tomate, *Necremnus artynes*, método de liberación

1. Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es el cultivo hortícola más importante en España, con una superficie productiva aproximada en el año 2.021 de 56.000 ha y con una producción estimada en 4.754.380 tm. De estas cifras, la Comunitat Valenciana representa cerca del 2%, 1.100 hectáreas repartidas en cultivo al aire libre y en cultivo protegido, aproximadamente a partes iguales.

El tomate, en todas sus variedades cultivadas, es excepcionalmente sensible a un gran número de fitófagos, tales como moscas blancas, minadores, pulgones, cochinillas, arañas rojas y otros ácaros, trips y moscas blancas que pueden devastar rápidamente grandes producciones si no se controlan. Al mismo tiempo, las enfermedades bacterianas y fúngicas suponen una amenaza continua para las plantas de tomate, diezmando potencialmente los rendimientos.

Una de las grandes amenazas del cultivo de tomate lo representa la polilla del tomate (*Tuta absoluta*) perteneciente a la familia *Gelechiidae*; es una plaga que amenaza tanto los cultivos protegidos como al aire libre. La polilla es polífaga y se alimenta sobre todo de especies de

solanáceas. Su hospedador principal es el tomate, pero también ataca a patatas, berenjenas, pimientos y tabaco. También la podemos encontrar sobre algunas especies de hierbas espontáneas (*Datura stramonium*, *Lycium chilense* y *Solanum nigrum*).

El síntoma más característico de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*) son las galerías en forma de manchas en las hojas. Las orugas prefieren las hojas y los tallos, pero también se observan debajo de la parte apical del fruto e incluso en su interior. En las hojas, las larvas solo se alimentan de los tejidos del mesófilo, y dejan la epidermis intacta. Las frutas pueden ser atacadas tan pronto se formen, pero las larvas se nutren exclusivamente de frutos verdes. En caso de infestación grave, las hojas se mueren completamente. Las galerías realizadas por las orugas provocan malformaciones. Los daños en los frutos facilitan que las enfermedades criptogámicas penetren en su interior, provocando su putrefacción durante o después de la cosecha.

La gestión integrada surge como una estrategia fundamental que combina diversas técnicas ecológicas para controlar eficazmente las plagas y enfermedades; así se minimiza al mismo tiempo el uso de plaguicidas químicos, evitamos que su uso reiterado genere resistencias y salvaguardamos su eficacia para cuando realmente sea necesario.

Mediante el empleo de prácticas como el control biológico, la rotación de cultivos y una cuidadosa vigilancia, la gestión integrada de plagas no solo preserva la salud de los cultivos de tomate, sino que también contribuye a una agricultura sostenible y responsable con el medio ambiente.

2. Objetivos

Centrándonos en el control biológico de las principales plagas del cultivo del tomate, los chinches del género *Nesidiocoris* son depredadores generalistas que pertenecen a la familia *Miridae* (subfamilia *Dicyphinae*, suborden Heteroptera) nos resultan muy útiles. *Nesidiocoris tenuis* es conocido como el chinche del tomate y aparece por todo el mundo. Es una especie zoofitófaga, por lo que tiene capacidad de alimentarse tanto de presa animal como de savia del propio cultivo. Por esto último, hay que vigilar que las poblaciones de *N. tenuis* no sean excesivamente elevadas en momentos de ausencia de presa. Al margen de lo anterior, si se aplica bajo condiciones técnicas adecuadas, su aportación en relación al control de plagas tan importantes como *Tuta absoluta* y mosca blanca es altamente significativa. *Nesidiocoris tenuis* se lleva liberando desde 2003 como agente de control biológico en cultivo de tomates en toda el área mediterránea.

En invernaderos comerciales de tomate, *Nesidiocoris tenuis* se libera de forma aumentativa, trascurridas 3 o 4 semanas tras el trasplante, y su establecimiento suele tardar de 5 a 8 semanas, dependiendo de ciertas condiciones. (Calvo et al. 2009). En consecuencia, la mosca blanca, y en particular *Tuta absoluta*, pueden encontrar una franja temporal en la que incrementar su

población y dañar el cultivo antes de que el depredador haya alcanzado un nivel poblacional suficiente.

Además, se han encontrado algunos parasitoides de la cuenca mediterránea atacando a *T. absoluta*, como es el caso de *Necremnus tutae*. Los estudios realizados al respecto de *Necremnus tutae* han desvelado que, por sí solo, no es capaz de controlar los daños que ocasiona *Tuta absoluta*. *Necremnus*, en combinación con la presencia de *Nesidiocoris tenuis*, reduce el daño foliar generado por *T. absoluta*, como podemos observar en la Fig.1, pero la liberación de *N. tenuis* en pre-siembra fue, por sí sola, suficiente para prevenir daños en frutos por *T. absoluta* (Calvo et al., 2009), tal y como refleja los resultados del estudio en la Fig. 2.

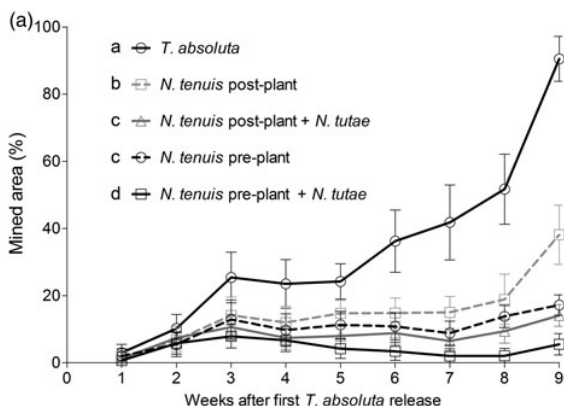


Fig. 1 Superficie atacada (%) en presencia de diferentes auxiliares. Fuente: (Calvo et al., 2009)

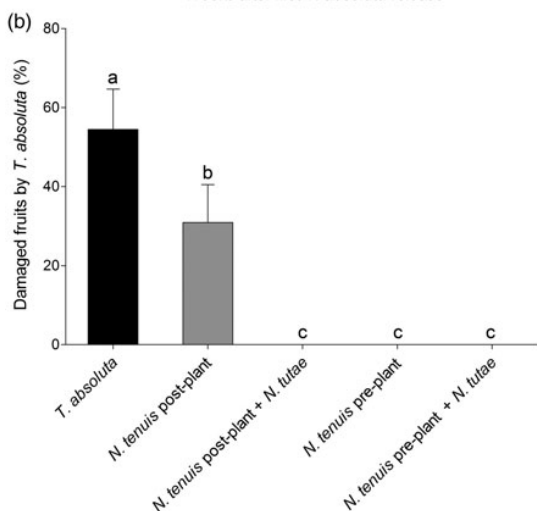


Fig. 2 Frutos dañados (%) en presencia de diferentes auxiliares. Fuente: (Calvo et al., 2009)

Esto sugiere que la adición de *N. tuta* no es necesaria para obtener un control satisfactorio de *T. absoluta*, si se posee una buena instalación de *Nesidiocoris tenuis* en el cultivo.

Para conseguir cuanto antes la mencionada buena instalación de *Nesidiocoris tenuis* y reducir la franja temporal de riesgo entre el trasplante y la instalación del depredador, las sueltas de *N. tenuis* en semillero se confirman como la mejor opción para iniciar la estrategia de control biológico, dado que con ello se consigue adelantar hasta en 3 semanas la instalación, en comparación con las sueltas realizadas en la parcela definitiva, tal y como se observa en la Fig 3.

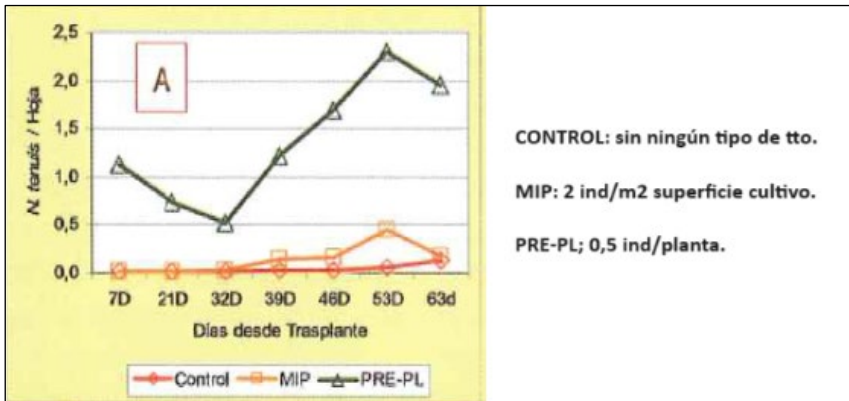


Fig. 3 Relación entre cantidad de *N. Tenuis* y el tiempo en función del tipo de introducción.

Fuente: (Calvo et al., 2009)

Esas tres semanas de diferencia son vitales para que los primeros pasos con el control biológico sean eficaces, porque la planta llega a la finca protegida con un enemigo natural de plagas como la *Tuta absoluta*, la araña roja (*Tetranychus urticae*) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). La suelta en semillero se traduce en que el enemigo natural se encuentra presente y activo en la planta de tomate desde el mismo día del trasplante, por lo que el cultivo estará muy pronto protegido frente al ataque de las plagas, reduciendo significativamente la incidencia de *T. absoluta* sobre el cultivo, tal y conforme se observa en los resultados del estudio, que se muestran en la Fig. 4

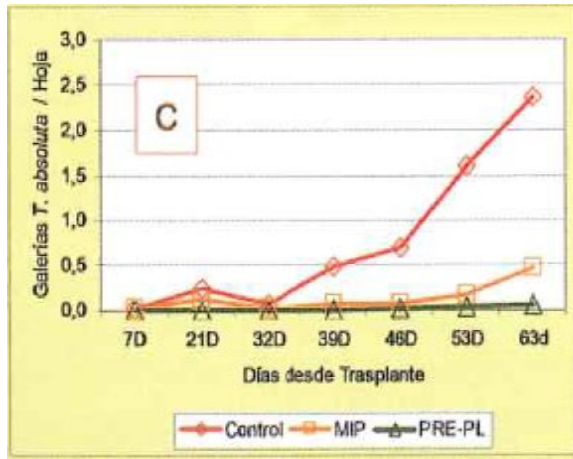


Fig. 4 Relación entre hojas dañadas por *T. absoluta* según el método de introducción de *N. tenuis*. Fuente: (Calvo et al., 2009)

3. Resultados y conclusiones

Nesidiocoris Tenuis es muy generalista, pues se alimenta también de pulgones, araña roja, huevos de polillas, pequeños gusanos, así como de larvas de minadores de hojas. Un adulto de *N. tenuis* puede llegar a ingerir 30 huevos de *Tuta absoluta* por día. También es capaz de depredar estadios larvarios de *T. absoluta*, aunque en este caso la cantidad se reduce a unos pocos individuos por día.

Dentro de la dieta de *Nesidiocoris tenuis* se encuentra la alimentación a base de savia, necesaria para que una población se desarrolle normalmente. Sin embargo, si es su único alimento, el depredador no podrá completar su desarrollo. Es decir, si no se dispone de presa animal, los adultos pueden sobrevivir solo con savia, y continuar la puesta de huevos durante cierto tiempo, aunque a una tasa mucho menor. Además, las ninfas no se convertirán en adultos en estas condiciones.

El consumo de savia provoca ciertos daños sobre el cultivo de tomate. El grado de incidencia de los daños guardan estrecha relación con la disponibilidad de presa y con la temperatura, ya que estos serán mayores ante una elevada presencia de depredadores, con temperaturas óptimas de desarrollo y bajas densidades de presa.

No es nada frecuente que *Nesidiocoris tenuis* cause daños importantes. Pese a ello, en caso de estimarse necesario, se podría recurrir a la realización de tratamientos específicamente dirigidos a corregir, nunca eliminar, sus poblaciones.

4. Referencias bibliográficas

- Calvo, F.J., Bolckmans, K & Belda, J.E. 2012^a. Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *BioControl* In press
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. & Urbaneja, A. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl* 54(2): 237-246.
- Calvo, F.J., Lorente, M.J., Stansly, P.A., Belda, J.E. 2012b. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. *Entomol. Exp. Appl.* 143:111–119.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C.A., González-Cabrera, J., Catalán Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *J. Pest. Sci.* 83:197-215.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C.A., González-Cabrera, J., Catalán Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A. 2010.

Determinación de la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en muestras vegetales tratadas con Brotomax®

Determination of the activity of the enzyme Phenylalanine Ammonium Lyase (PAL) in plant samples treated with Brotomax®

Víctor Miguel Frías Martínez y Curro Romero Sierra

Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación de Agrométodos S.A., Madrid, España; España, curroromero@agrometodos.com.

How to cite: Frías Martínez, V.M. y Romero Sierra, C. 2024. Determinación de la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en muestras vegetales tratadas con Brotomax®. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18665>

Abstract

Secondary metabolites in plants are organic molecules that fulfil non-essential but necessary functions. Among these, phenolic compounds or phenylpropanoids play a fundamental role. They are biochemically modulated and synthesised via two principal pathways, the shikimic acid pathway and, to a lesser extent, the malonic acid pathway.

The enzyme Phenylalanine Ammonium Lyase (PAL) is found in the shikimic acid pathway and is responsible for naturally synthesising polyphenols, phytoalexins and phytotoxins in plants. The results obtained by the Spanish National Research Council (CSIC) show how applying Brotomax® to a healthy grapevine plantation can increase the enzymatic activity of PAL in the leaves, with statistically significant differences compared to untreated or control plants. Better results are also obtained when the elicitor is applied via irrigation as opposed to foliar application.

Brotomax® does not directly provide the plant with phenolic compounds, instead it influences the biochemical modulation of these compounds and lets nature regulate and balance their action.

Keywords: *enzyme, phenylalanine ammonium lyase (PAL), Brotomax, phytoalexin, polyphenols, elicitor.*

Resumen

Los metabolitos secundarios de las plantas son moléculas orgánicas que cumplen funciones no esenciales, pero sí necesarias. Dentro de ellos ocupan un papel fundamental los componentes fenólicos o fenilpropanoides, los cuales son modulables bioquímicamente y sintetizados principalmente en dos rutas, la ruta del ácido shikímico y en menor medida en la ruta del ácido malónico.

La enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) se encuentra en la ruta del ácido shikímico y es la responsable de la síntesis de los polifenoles, fitoalexinas y fitotoxinas en las plantas de manera natural. Los resultados obtenidos en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) demuestran cómo la aplicación de Brotomax® en una plantación sana de uva de mesa, es capaz de incrementar la actividad enzimática de la PAL en hojas, existiendo diferencias estadísticas respecto al no tratado o testigo. También se obtienen mejores resultados cuando realizamos la aplicación vía riego de dicho elicitador en comparación a su aplicación vía foliar.

Brotomax® no aporta directamente los compuestos fenólicos a la planta, sino que incide en la modulación bioquímica de los mismos; y deja que la naturaleza regule y equilibre su acción.

Palabras clave: *enzima, fenilalanina amonio liasa (PAL), Brotomax, fitoalexina, polifenoles, elicitador.*

1. Introducción

Las plantas producen una gran cantidad de metabolitos primarios y secundarios. Los metabolitos primarios son moléculas que están directamente relacionadas con funciones vitales de la planta, mientras que los secundarios son moléculas orgánicas que cumplen funciones no esenciales en la misma, tales como: mecanismos de defensa contra ataques de microorganismos patógenos, reconstruir y reforzar las paredes celulares, establecer el color de la flor y los frutos, contribuir sustancialmente a los sabores y olores, actuar de antioxidantes de células, atraer polinizadores, favorecer el cuajado, absorber la radiación UV, repelentes contra herbívoros, etc.

Dentro de los metabolitos secundarios de las plantas, ocupan un lugar preferente los polifenoles o fenilpropanoides, ampliamente distribuidos en el reino vegetal y modulables bioquímicamente. El contenido en polifenoles varía en cada planta dependiendo de la especie o variedad. Las investigaciones científicas avalan sus efectos fisiológicos positivos sobre la salud humana, en la prevención y tratamiento de enfermedades, y en la participación en la calidad de los alimentos.

La mayor parte de los compuestos fenólicos existentes son sintetizados en dos rutas metabólicas fundamentales en las plantas, la ruta del ácido shikímico y, en menor medida, en la ruta del

ácido malónico. El resultado de la ruta del ácido shikímico son los aminoácidos aromáticos, fenilalanina, triptófano y tirosina. La mayoría de los compuestos fenólicos derivan de la fenilalanina.

La enzima **fenilalanina amonio liasa (PAL)** es la responsable de la síntesis de polifenoles en las plantas y está situada en un punto de ramificación entre el metabolismo primario y secundario. El aminoácido esencial fenilalanina parte del metabolismo primario de las plantas y entra en el metabolismo secundario cuando la enzima PAL cataliza la eliminación de un amonio convirtiendo a la fenilalanina en ácido cinámico, precursor de fenoles simples como los ácidos cumárico y benzoico, y fenoles complejos como flavonoides, fitoalexinas, ligninas, suberinas, estilbenos, entre otros.

Las plantas se defienden de las infecciones causadas por patógenos mediante su propio sistema de defensa sintetizando unas sustancias conocidas como **fitoalexinas** (post – infección). Dichas sustancias son tóxicas para un amplio espectro de patógenos. Por el contrario, las llamadas toxinas pre-infeccionales son compuestos constitutivos de las plantas y están presentes en los tejidos sanos en distintas concentraciones con el objetivo de protegerlos de una posible infección, denominándose fitotoxinas. Ambas sustancias son sintetizadas por la PAL de forma natural, aunque existe un aumento considerable de dicha actividad cuando tenemos un daño potencial causado a la planta por un agente patógeno o una situación de estrés biótico o existe un mecanismo defensivo preventivo desencadenado por la aplicación de un producto elicitor.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio ha sido conocer, la incidencia de los tratamientos con **Brotomax®** sobre la actividad de la enzima PAL, responsable de la síntesis de polifenoles en las plantas y, entre otras funciones, favorecer la formación de lignina, prevenir la penetración de la infección en los tejidos vegetales, además de inducir la síntesis de flavonoides con propiedades antioxidantes, gracias a su capacidad de inhibir la producción de radicales libres.

3. Desarrollo de la innovación

La experiencia se realizó en una plantación comercial de uva de mesa (*Vitis vinífera*) negra sin pepita de la variedad “Melody®” de 6 años y marco de plantación de 3,50 x 2,90 m, en un parral bajo malla y plástico situado en la localidad de Hoya del Campo (Murcia). El sistema de riego se caracteriza por tener emisores cada 75 cm dentro de cada ramal y un caudal de 2- 4 L/Ha.

El diseño experimental fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones por cada tratamiento o tesis (T1: Brotomax® vía riego a razón de 6 L/Ha; T2: Brotomax® vía foliar a razón de 3 L/Ha; T3: Testigo – No tratado) y cada bloque se dividió en tres subparcelas de 3,50 m x 39 m de largo (10 plantas/parcela).

Se realizaron las aplicaciones de la Tesis 1 (T1) vía riego y la Tesis 2 (T2) vía foliar el día 02/05/19 observándose un estado fenológico “J”, cuajado. Las condiciones climáticas fueron las típicas de la época y zona.

A los 21 días tras la aplicación se tomaron 24 hojas al azar por tratamiento y repetición, obteniendo finalmente una muestra homogénea de las distintas tesis o tratamientos realizados. Dichas muestras fueron transportadas en frío hasta el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Sevilla (CSIC) - Instituto de la Grasa donde, tras ser recepcionadas, se mantuvieron congeladas a -20°C hasta su análisis.

De cada muestra se utilizaron 4 g (por duplicado) para la obtención del extracto enzimático (Figura 1), realizándose cuatro medidas de cada uno de ellos. Los resultados se han expresado como la media aritmética \pm su desviación estándar en las distintas determinaciones.

PREPARACIÓN DE EXTRACTOS

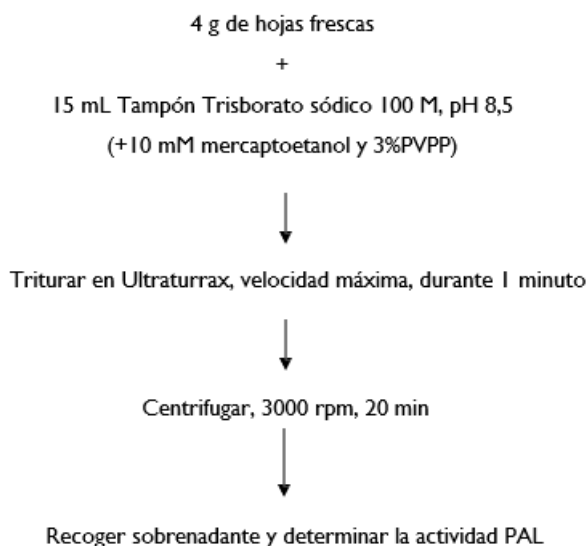


Figura 1. Protocolo para la obtención del extracto enzimático

Para la correcta determinación de dicha actividad enzimática lo primero que se necesita es la obtención de extractos que contengan las enzimas en su forma nativa, evitando las alteraciones de esta durante el proceso extractivo. Para ello, se ha utilizado una solución tampón, al pH

adecuado, y se han mantenido las muestras y reactivos a baja temperatura (baño de hielo y/o nitrógeno líquido) durante todas las etapas de obtención y purificación de los extractos.

Una vez obtenido los extractos correspondientes se sigue el protocolo que se describe a continuación (Figura 2) y que consiste en poner en contacto la enzima presente en el extracto con un sustrato específico, determinando a continuación en el espectrofotómetro y a la longitud de onda específica para cada reacción, el incremento o disminución de absorbancia que se produce como consecuencia de la acción de la enzima sobre el sustrato. Las unidades de la actividad de la enzima PAL se calculan en función de dichos cambios de absorbancia referidos a 1 g de material vegetal y por minuto.

DETERMINACIÓN ACTIVIDAD DE LA FENILALANINA AMONIO LIASA (PAL)

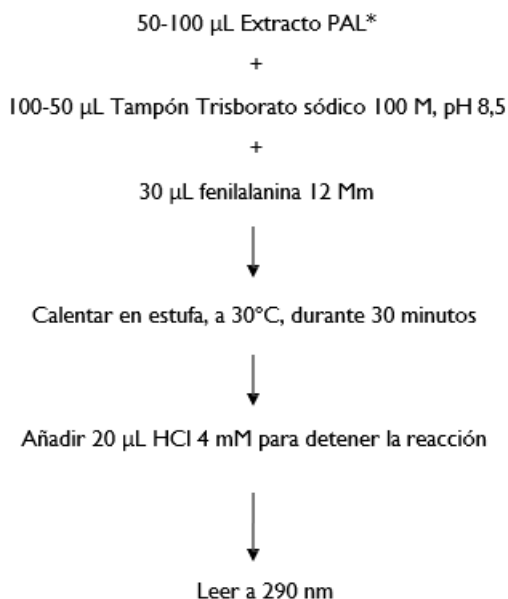


Figura 2. Esquema del protocolo realizado para la determinación de la actividad de la enzima PAL

4. Resultados

La acción del producto **Brotomax**[®] como elicitador ha sido demostrada en diversas especies de interés agrícola. En los cítricos, es bien conocida su acción estimulante en la biosíntesis de flavanonas y flavonas, así como de la expresión de la fitoalexina escoparona en frutos infectados

en tangelo Nova, produciéndose como consecuencia el incremento de resistencia frente al ataque por *Phytophthora*. En olivo, ha quedado establecida su influencia sobre la síntesis de compuestos fenólicos que incrementan el potencial antioxidante y antifúngico en diferentes variedades. En algodón, aumenta el contenido fenólico, clorofilas y producción de etileno, los cuales tienen una repercusión directa en el incremento de los mecanismos de defensa natural de las plantas de algodón frente a *F. oxysporum*. En viña, aumenta el contenido total de polifenoles en los diferentes órganos, así como la reducción de la obstrucción de vasos xilemáticos en los nuevos tallos y raíces formadas. También existen estudios referentes al aumento de la composición fenólica en hollejo, mosto y pepita. En fresa, se ha demostrado que se activan genes relacionados con las defensas de las plantas, induciendo a la producción de polifenoles y al aumento de la resistencia frente a *Colletotrichum acutatum*.

Todas estas investigaciones ponen de manifiesto que el producto **Brotomax®** aumenta los compuestos fenólicos, por lo que es interesante conocer si ese aumento de fenilpropanoides está relacionado con un aumento de la actividad enzimática de la PAL, enzima compleja y versátil entre cuyas funciones destaca la regulación del metabolismo de los compuestos fenólicos, tales como resveratrol, ligninas, suberinas y derivados del ácido cinámico, todos ellos relacionados con los mecanismos de defensa de las plantas.

En el estudio se ha realizado el análisis estadístico para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos o tesis para la actividad de la enzima PAL. Para ello se realizó un análisis de varianza con un factor (ANOVA), que dio como resultado el rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias de las tres tesis.

Se ha aplicado el test LSD (Least Significant Difference) de Fisher de comparaciones múltiples que nos ha permitido comparar las medias de las tres tesis entre sí. Como resultado se ha obtenido que existen diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos ($p < 0,05$), siendo el tratamiento o Tesis 1 (T1) la que presenta mayor diferencia respecto al tratamiento o Tesis 3 (T3). Los resultados obtenidos se observan en la Figura 3.

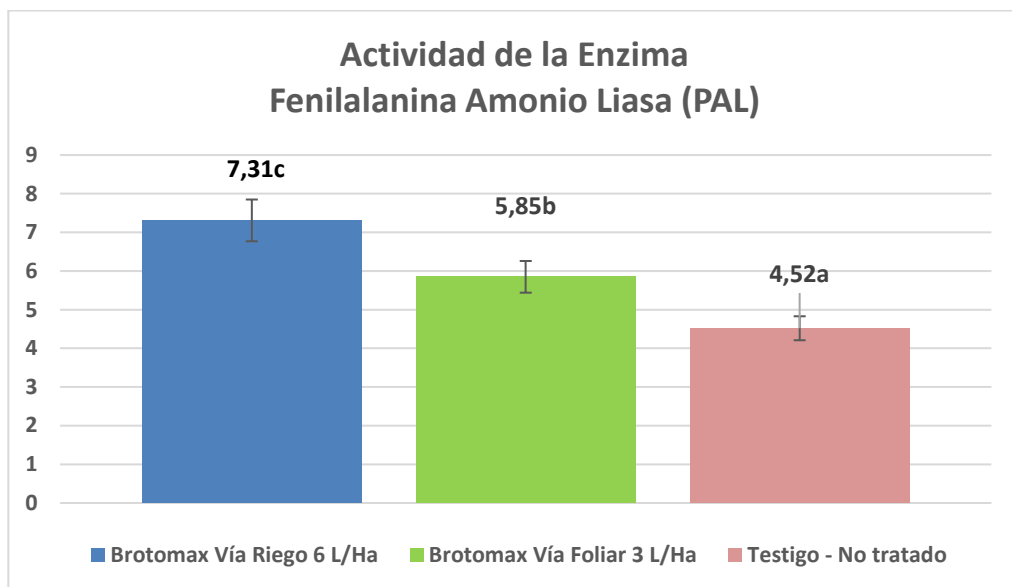


Figura 3. Datos medios de las distintas determinaciones de la actividad de la enzima PAL (incremento de absorbancia por gramo de material y por minuto) de las diferentes Tesis (T1, T2, T3)

Los resultados obtenidos revelan que el tratamiento o Tesis 1 (T1) realizado vía riego a razón de 6 L/Ha con **Brotomax**[®] obtiene mejores resultados frente al tratamiento o Tesis 2 (T2) aplicada vía foliar a razón de 3 L/Ha, aunque ambos tratamientos presentan una mayor actividad enzimática de la PAL respecto al no tratado o testigo (Tesis 3), existiendo diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

5. Conclusiones

Brotomax[®] es un elicitor capaz de incrementar considerablemente la actividad de la enzima PAL, existiendo una mayor actividad cuando realizamos en tratamiento vía riego.

Brotomax[®] no aporta directamente los polifenoles a la planta, sino que incide en la modulación bioquímica de los mismos, y deja que la naturaleza regule y equilibre su acción.

6. Referencias bibliográficas

- Alain-M., B. Lignins and lignification: Selected issues. *Plant Physiol. Biochem.* 2000. 38: 81-96.
- Ávalos-García, A. y E. Pérez-Urria. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología) Serie Fisiol. Veg.* 2, 119-145.

- Berra, B., Caruso, D., Cortesi, N., Fedeli, E., Rasetti, M.F. y Galli, G. 1995. Antioxidant properties of minor polar components of olive oil on the oxidative processes of cholesterol in human LDL. *Rivista Italiana Sost Grasse*. 72, 285-291.
- Botía, J.M., Fuster, M.D., Porras I., García Lidón A., Sabater F., Ortuño A., Del Río J.A. 1995. Brotomax: un posible modulador de la expresión de flavonoides en cítricos. *Levante Agrícola* 34, 44-47.
- Botía, J.M., Fuster, M.D., Porras I., García Lidón A., Ortuño A., Lacasa A., Del Río J.A. 1997. Efecto de Brotomax sobre los procesos de resistencia en frutos de Tangelo Nova frente al ataque de *Phytophthora parasítica*. 1997. *Levante Agrícola*, 36, 67-68.
- Botía, M., Ortuño, O., Benavente-García, Báidez A.G., Frías J, Marcos, D., Del Río J.A. 2000. Efecto del Brotomax sobre el crecimiento, rendimiento en aceite y expresión de compuestos fenólicos en frutos de *Olea europea L.* (Variedad Picual y Villalonga). *Mercacei* 20-26/03, 16-19.
- Clifford MN. 2004. Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. *Planta Med* 70, 1103-1114.
- Clifford, M.N., 1992. Sensory and dietary properties of phenols. *Proceeding of the 16th international conference of grape polyphenol*. 16 (11): 18-23.
- Dewick, P. M. 2002. *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*: John Wiley & Sons.
- Del Río Conesa, J.A., Gómez López, P., González Báidez, A., Ortuño Tomás, A.M., García, G., Frías, V., Aguado, A. 2004. Mejora de la germinación, vigor y resistencia frente a infecciones por *Fusarium oxysporum* en plantas de algodón por tratamientos con Brotomax. *Phytoma* 157, 54-59.
- Del Río J.A., Ortuño A., Botía, J.M., Frías, V. 1998. Influencia del Brotomax sobre la síntesis de compuestos fenólicos y su relación con el potencial antifúngico y antioxidante en *Olea europaea*. *Phytoma* 102, 150 – 153.
- Dixon, R. A., Pavia, N. L. 1995. Stress- induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7, 1085- 1097
- Fuster, M.D., Porras I., García Lidón, A., Sabater, F., Ortuño, A., Del Río, J.A. 1994. Efecto del Brotomax sobre el crecimiento y producción de flavonoides en frutos de Tangelo Nova. *Levante Agrícola*, 33, 60-64.
- Fuster, M.D., García Puig, A., Porras I., García Lidón A., Sabater F., Botía, J.M., Ortuño A., Del Río J.A. 1995. Selection of citrics highly productive in secondary metabolites of industrial interest. Modulation of synthesis and/or accumulation processes. *Current Trends in Fruit and Vegetables Phytochemistry*, 81-85.
- Gutierrez, J.C. et al. 2000. Estudio del efecto de Brotomax sobre la tolerancia a *Verticillium dahliae* en el cultivo del algodón upland *Gossypium hirsitium L* en Andalucía. *Phytoma* 122, 144 -148.
- Jiang, F. y Dusing, G.J. 2003. Natural phenolic compounds as cardiovascular therapeutics: potential role of their antiinflammatory effects. *Current Vascular Pharmacology*. 1 (22), 135-156.

- Muñoz Blanco, J., Caballero J.L., Garrido Gala, J., Soliveri, J., Copa Patiño, J.L., Martínez Ros, J.M., Rodríguez Olmos, A., Frías, V., Perdices Hoyo, M. 2014. Natural elicitors of plant defense response in strawberry. *Journal of Berry Research* 4, 37 -45.
- Muñoz Blanco, J., Caballero J.L., Soliveri, J., Copa Patiño, J.L., Martínez Ros, J.M., Rodríguez Olmos, A., Frías, V., Perdices Hoyo, M. 2014. Natural elicitors of plant defense response in strawberry. *Freshuelva* 27.
- Posada Jaramillo, M., Pineda-Salinas, V. y Agudelo- Ochoa, G. M. 2003. Los antioxidantes de los alimentos y su relación con las enfermedades crónicas.
- Quiñones M., Miguel M., Aleixandre A. The polyphenols, naturally occurring compounds with beneficial effects on cardiovascular disease. *Nutr. Hosp.* Vol 27 no 1, Madrid ene/feb.2012.
- Sija, S.L., Potty, V.P., Santhoshlal, P.S. 216. Detection of phenylalanine ammonia-lyase activity in different plant parts of *Anacardium occidentale* L. *Int J Pharm Bio Sci* 7(4), 100 – 104.
- Sirin, S., Bbaoglu, Aydas S., Aslim, B. 2006. Biochemical evaluation of Phenylalanine Ammonia Lyase from Endemic Plant *Cyathobasis fruticula* (Bunge) Aellen. For the Dietary Treatment of Phenylketonuria. *Food Technol. Biotechnol* 54 (3) 296–303.
- Sgarbi, E., Baroni Fornasiero, R., Paulini Lins, A., Medeghini Bonatti, P. 2003. Phenol metabolism is differentially affected by ozone in two cell lines from grape (*Vitis vinifera* L.) leaf. *Plant Science* 165, 951-957.

Control biológico de *Botrytis cinerea* en tomate mediante Prestop®

Biological control of Botrytis cinerea in tomato using Prestop®

Benito Ortega, Alberto García, Borja Lambea y Rubén Pascual

Massó Agrodepartment, Comercial Química Massó, S.A, 08029 Barcelona, Espanya,
agro@cqmasso.com

How to cite: Ortega, B.; García, A.; Lambea, B. y Pascual, R. 2024. Control biológico de *Botrytis cinerea* en tomate mediante Prestop®. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAV2024.2024.18676>

Abstract

Botrytis cinerea is one of the foliar fungal diseases that causes most economic losses in tomato in greenhouses. These losses can directly affect the fruit but also can affect stems, leaves and flowers.

Stem rot can be the pathogen colonization pathway that causes the most losses since, if a stem is affected, a branch with several fruits at the same time or even the entire crop production can be lost.

The current trend towards the reduction of chemical active substances and the emergence of biological control of plant diseases defined as "the reduction of the amount of inoculum or disease-inducing activities of a pathogen that is achieved through one or more organisms" (Baker and Cook (1983), have prompted Massó agro to develop since 2011 PRESTOP®

PRESTOP® contains the beneficial fungus *Clonostachys rosea* (previously named *Glycoladium catenulatum*) strain J1446. The installation of this fungus can occur prior to the appearance of the pathogen as well as to control the disease in conditions of high *Botrytis* infection, due to the persistence of Prestop® on the leaf surface of the crop.

Keywords: biological control, tomato, *Botrytis cinerea*, *Clonostachys rosea*, stem rot, fruit rot.

Resumen

Botrytis cinerea, es una de las enfermedades fúngicas foliares que más pérdidas económicas producen en tomate en invernadero. Estas pérdidas pueden afectar directamente a los frutos viéndose también afectados tallos, hojas y flores.

La pudrición en tallos puede ser la vía de colonización del patógeno que ocasione más pérdidas ya que, si un tallo se ve afectado, puede llegar a perderse una ramificación con varios frutos a la vez o incluso toda la producción del cultivo.

La tendencia actual a la reducción de materias activas de origen químico y la aparición control biológico de enfermedades definiéndose como “la reducción de la cantidad de inóculo o de las actividades inductoras de enfermedad de un patógeno que se logra a través de uno o más organismos” (Baker y Cook (1983), han impulsado a Massó agro a desarrollar desde el año 2011 PRESTOP®.

*PRESTOP® contiene el hongo beneficioso *Clonostachys rosea* (anteriormente *Glicoladium catenulatum*) cepa J1446. La instalación de este hongo puede darse previamente a la aparición del patógeno como también para controlar la enfermedad en condiciones de alta infección de *Botrytis*, debido a la persistencia de Prestop® en la superficie foliar del cultivo.*

Palabras clave: control biológico, tomate, *Botrytis cinerea*, *Clonostachys rosea*, pudrición tallos, pudrición frutos.

1. Introducción

Clonostachys rosea cepa J1446, el hongo beneficioso contenido en Prestop®, es un hongo ascomiceto de reproducción asexual que fue aislado de la materia orgánica en descomposición en el año 1989. Este hongo posee gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes y condiciones adversas y gran poder antagonista frente a diferentes patógenos (Noel (2019). LPC_PRESTOP (3). Lallemand Plant Care.)

Clonostachys rosea cepa J1446 tiene una acción preventiva y curativa por competencia con el espacio, nutrientes y oxígeno con el hongo patógeno (*Botrytis cinerea*) y por la segregación de enzimas que degradan las paredes celulares de los hongos patógenos como glucanasas, quitinasas o proteasas (Sun et al. (2021). *Journal of applied microbiology* 129: 486-495).

2. Objetivos

El presente estudio tiene un doble objetivo, por un lado, comprobar la permanencia y desarrollo de PRESTOP® en condiciones de invernadero sobre la superficie foliar del cultivo de tomate y, por otro lado, comprobar su eficacia sobre el control de *Botrytis cinerea*.

Ambos objetivos se llevan a cabo mediante la realización de 2 ensayos en condiciones de campo en tomate bajo invernadero.

3. Resultados y discusión

3.1. Desarrollo y establecimiento de PRESTOP® sobre la superficie foliar del cultivo de tomate

Para comprobar la permanencia y desarrollo de PRESTOP® instalado sobre hojas de tomate, se dispusieron plantas de modo que se pulverizó la superficie del cultivo con una disolución de PRESTOP® a 5 g/l y un gasto de caldo de 600 l/ha.

El mismo día de la pulverización y 15 días después de la pulverización, se cogieron muestras de hojas al azar para llevarlas al laboratorio.

Una vez recibidas en el laboratorio se cortaron las hojas en secciones pequeñas y se agitaron vigorosamente en buffer fosfato. En condiciones de esterilidad, en cámara de flujo laminar se hicieron diluciones seriadas de cada una de las suspensiones. Se sembraron 100 µl de cada suspensión en placas conteniendo medio de cultivo Rosa de Bengala con cloranfenicol. Se incubaron y se contaron las colonias de hongo emergentes. Los resultados se expresaron en UFC/cm² reflejando así la cantidad de *Clonostachys* en el área foliar estudiada.

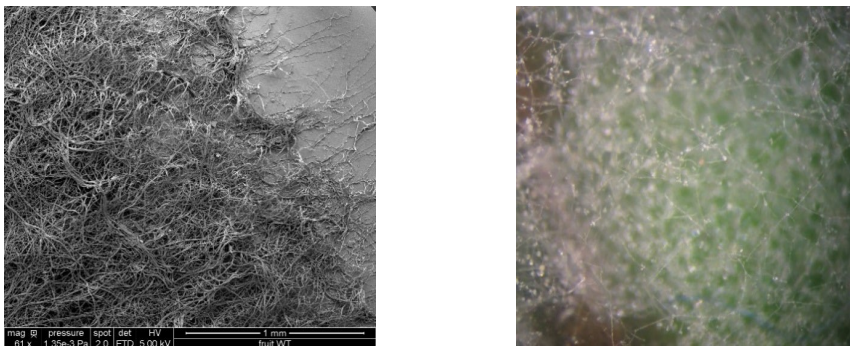


Fig. 1 Vista en microscopio electrónico del crecimiento *Clonostachys rosea* (izquierda) y detalle del desarrollo del micelio de *Clonostachys rosea* sobre hoja de tomate



Fig. 2 Crecimiento *in vitro* de las muestras de las hojas recolectadas

3.2. Resultados sobre el establecimiento y desarrollo de PRESTOP® en la superficie foliar del cultivo de tomate.

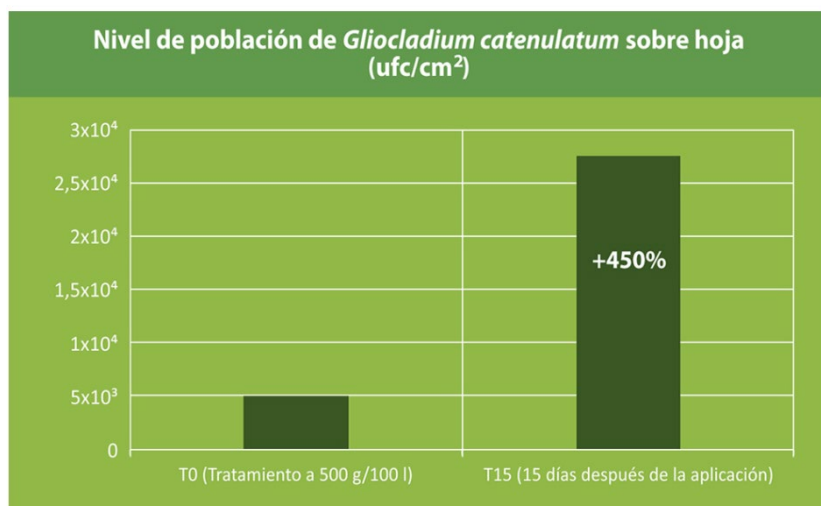


Fig. 3 Resultados de nivel de población de *Clonostachys rosea*

Pese a que la pulverización se realizó en campo con condiciones ambientales cambiantes, se ha comprobado que el hongo beneficioso consigue establecerse perfectamente en la superficie foliar del cultivo. Además, sigue desarrollándose sobre la hoja, ya que 15 días después del tratamiento su población ha aumentado.

3.3. Eficacia de PRESTOP® frente al hongo patógeno *Botrytis cinerea* en el cultivo de tomate bajo invernadero

Posteriormente a la comprobación en laboratorio de que el hongo beneficioso es capaz de instalarse en la superficie foliar del cultivo e incluso aumentar su concentración 15 días después de la aplicación, se procedió a la realización de un ensayo de eficacia en un invernadero de tomate.

El cultivo de tomate se ubicó en un invernadero plano de una **zona muy fría y húmeda del municipio almeriense de Níjar**. Para evaluar concienzudamente la eficacia del producto contra el problema de la pudrición en tallos, se tomaron medidas semanales de la longitud de las heridas afectadas por *Botrytis*, evaluando el avance de esta longitud en comparación con otros estándares tanto químicos como biológicos.

De este modo las **tesis utilizadas con tratamientos semanales** fueron:

- PRESTOP® 500 g/100 l
- Estándar biológico 4 Kg/ha

- Estándar químico 100 g/100 l
- No tratado

Después de las aplicaciones, se marcaron y midieron la evolución de los crecimientos semanales de las heridas.



Fig. 4 Prestop® a 500 g/100 l con menor longitud de la herida producida por Botrytis

3.4. Resultados sobre el desarrollo de PRESTOP® sobre la eficacia de PRESTOP® contra *Botrytis cinerea* en tomate en condiciones de invernadero

Al analizar los resultados de longitudes de las heridas con *Botrytis* en tallo se observó la **peor evolución de la tesis no tratada y del estándar biológico respecto al tratamiento con PRESTOP®.**

En el siguiente gráfico se expresa la eficacia en relación a la disminución respecto a las repeticiones no tratadas, donde se observó como **PRESTOP® destacó mucho sobre el estándar biológico**, pero también sobre el estándar químico habitualmente usado.

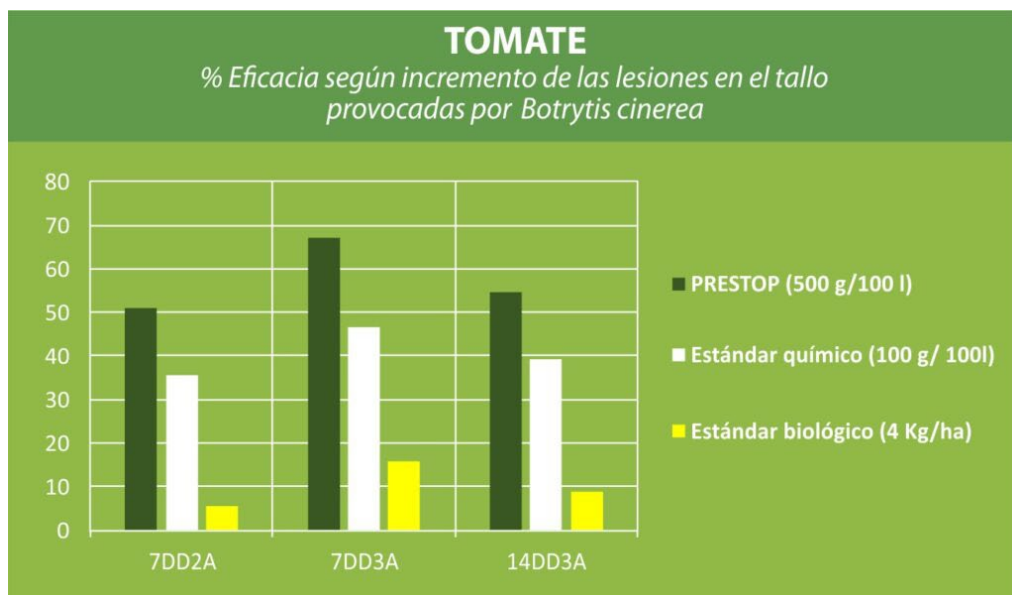


Fig. 5 Eficacia según el incremento de las lesiones en el tallo

4. Conclusiones

Entre los resultados obtenidos en el trabajo, es destacable que el *Gliocladium* contenido en PRESTOP®, se establece perfectamente en el área foliar del cultivo a pesar de las condiciones climatológicas cambiantes. Además, consigue seguir desarrollándose sobre la hoja, aumentando así su población más de cuatro veces 15 días después del tratamiento, como puede observarse en la gráfica (Fig.4).

Posteriormente, mediante la realización de un ensayo de eficacia contra *Botrytis cinerea* en tomate bajo invernadero, se ha podido comprobar que PRESTOP® dificulta el avance del patógeno a lo largo del tallo sano, reduciendo así la incidencia y severidad de la enfermedad. Esto es debido a que **el hongo de PRESTOP®, además de parasitar y controlar la esporulación de *Botrytis* en la epidermis del tallo del tomate, se instala en la zona adyacente a la herida** lo cual dificulta enormemente el avance del patógeno a lo largo del tallo sano, **con resultados mucho mejores** en este aspecto frente a los estándares comparados.

5. Referencias Bibliográficas

Baker and Cook (1983), The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. American Phytopathological Society.

Anàlisi dels costos de producció en la ‘Tomata Valenciana’. Impacte positiu de la millora genètica vegetal

José Miguel Sales Civera^a, Maria del Rosario Figás Moreno^b, Jaime Prohens Tomás^b i Salvador Soler Aleixandre^b

^aEconomía Agroambiental, Universidad Miguel Hernández, 03312 Oriola, Espanya, jsales@umh.es.

^bInstitut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València, 46022 València, Espanya.

How to cite: Sales, J.M.; Figás, M.R., Prohens, J. y Soler, S. 2024. Anàlisi dels costos de producció en la ‘Tomata Valenciana’. Impacte positiu de la millora genètica vegetal. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18687>

Abstract

At the present communication realise an analysis of the costs at two productive models of Valencian tomato. We observe the differences and select the games of costs my affected in front of a possible improves genetics of the traditional varieties. Lastly it makes a forecast of the umbral of profitability of the new varieties at function of a series of hypotheses at account increase of performance and decrease of the costs of the phytosanitary treatments .

Keywords: *Valencian tomato, performance, umbral of profitability, improvement genètica, traditional varieties, phytosanitary treatments, costs, expenses, greenhouse, crop free air.*

Resum

En la present comunicació realitzem una anàlisi dels costos en dos models productius de tomata valenciana. Observem les diferències i seleccionem les partides de costos mes afectades davant una possible millora genètica de les varietats tradicionals. Finalment es fa una previsió de l'umbral de rendibilitat de les noves varietats en funció d'una sèrie d'hipòtesis en relació a l'augment de rendiment i disminució dels costos dels tractaments fitosanitaris.

Palabras clave: *Tomata valenciana, rendiment, umbral de rendibilitat, millora genètica, varietats tradicionals, tractaments fitosanitaris, costos, despeses, hivernacle, cultiu aire lliure.*

1. Introducció

L'any 2022 es van produir en el món 186.107,97 milions de quilos de tomaca, segons dades procedents de Faostat, l'organisme d'estadística de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura (FAO). Segons eixes dades, en 2022, últim any de què la FAO ofereix les dades sobre producció de tomaca, la producció espanyola d'eixa hortalissa va ser 2,63 vegades superior a la del Marroc i 4'74 vegades major que la d'Holanda, però al seu torn Turquia va produir 3,56 vegades més que Espanya i la Xina, primer productor mundial, 18,69 vegades més que Espanya. La superfície que l'any 2022 es va dedicar a produir tomaca arreu del món va ser de 4.917.735 hectàrees, amb un rendiment mitjà per metre quadrat de 3,78 kg. de tomaca.

D'entre les dades obtingudes per FAOSTAT, destaca el fet que Holanda és el país amb un millor rendiment en el món, ja que obté 42,31 quilos de tomaca per metre quadrat, un 422,99 per cent més que Espanya, que en 2022 va obtenir un rendiment mitjà de 8,09 quilos de tomaca per metre quadrat. Cal tindre en compte que les dades de la FAO estan referides a la producció total i, mentres que la producció neerlandesa s'aconsegueix quasi íntegrament en hivernacle, l'espanyola contempla un alt percentatge de produccions a l'aire lliure. Les estimacions de la FAO indiquen que la tomaca és l'hortalissa més cultivada i important en el món. Al estar dins d'un mercat tant competitiu es molt important el redescobriment i explotació comercial de les varietats tradicionals. Es ahí on la marca de qualitat "Tomata Valenciana" adquirix tot el seu sentit i on cap enmarcar la present comunicació.

Per a poder competir en un mon globalitzat es una eina fonamental el control dels costos de producció. La globalització dels mercats condiona fortament al sector agrari i es perceben clars desequilibris en la cadena agroalimentària, sent habitualment la fase productora la que té menors opcions de negociació i rendibilitat. Aquesta és una realitat molt palpable en agricultures com la valenciana, on predominen les explotacions de xicoteta grandària, l'edat mitjana de les persones productores és molt elevada, i hi ha molta agricultura a temps parcial. El sector es queixa de falta de viabilitat en el camp, determinada, en gran manera, pels preus rebuts en origen, que amb freqüència són insuficients per a cobrir els costos de producció.

A l'hora de diferenciar els costos en esta comunicació s'opta per dos models productius bàsics: a) Producció en hivernacle; b) Producció en cultiu ecològic a l'aire lliure. Els principals costos en el cultiu de la tomata son la mà d'obra (35%) i les matèries primeres o inputs (45%), segons Observatorio de precios y mercados-Junta de Andalucía (2020). La mà d'obra s'utiliza majoritàriament en el cultiu i la recol·lecció de la tomata (78%, en hivenacle), segons (Fernandez-Zamudio, et al. 2010).

En els inputs cal destacar els costos en fitosanitaris, adobs i agua com els més rellevants, clarament per damunt de les llavors o plàntules que seria el segon grup per ordre d'importància. Segons ASAJA (2024) la mà d'obra suposa un 40% del cost de producció en un hivernacle dedicat al cultiu de la tomaca, seguit dels fertilitzants i fitosanitaris amb un 13% i 11%

respectivament. En el model d'enquesta que seguim en les dos orientacions productives que he analitzat es recullen diverses qüestions relatives a aquests items. En quant a la mà d'obra la importància és capital en el apartat de Recol·lecció i Comercialització, però es d'una importància una mica menor en el cas del cultiu. Les matèries primeres tenen un major protagonisme en la Plantació i les Operacions culturals. Finalment el cost de maquinària està present durant tot el procés productiu amb l'excepció de la recol·lecció que es fa de manera totalment manual. L'importància d'aquest cost es clarament inferior al corresponent a la mà d'obra que és el més important.

2. Objectius

Aquesta comunicació, té com objectiu quantificar els costos de producció de la tomata valenciana cultivada en hivernacle i en cultiu ecològic a l'aire lliure, observar i preveure la seua evolució per les modificacions genètiques proposades per a la lluita contra diversos tipus de malalties fúngiques i víriques que afectarien tant al seu rendiment com al valor comercial. Per això plantegem la realització d'una enquesta per a recollir els costos més importants en el cultiu de la 'Tomata Valenciana'. Així mateix farem una primera aproximació de l'impacte de les futures varietats millorades en els costos de producció.

3. Desenvolupament de la investigació

En aquest apartat, es vol mostrar com previsiblement afectarà als costos de producció i als rendiments estimats la innovació de la millora genètica proposada en les dos orientacions productives anteriorment esmentades.

En aquest cas es tracta de comparar dos models productius:

- a) Producció convencional en parcel·la de 6 fanecades (0,5 Ha) en hivernacle, modalitat de producció ecològica, situada en Meliana (València)
- b) Producció en cultiu ecològic en parcel·la de 6 fanecades de superfície situada al terme municipal de València.

Taula 1. Dades rellevants. Producció convencional vs Producció ecològica

Tipus d'explotació	Ubicació	Superfície (Ha)	Producció (kg/Ha)	Dosi reg (m3/Ha)	Costos Totals (€/Ha)
Hivernacle	Meliana	0,5	90.000	3.648	79.834,46
Ecològic. Aire lliure	València	0,5	72.000	4.320	88.415,16

4. Resultats

4.1. Tomata Valenciana produïda en hivernacle

Taula 2. Costos Cultiu de tomata valenciana. Varietat Masclet. Hivernacle. Meliana. (2023)

ACTIVITAT	COST (€/Ha)	Cost (€/fanecada)
1.- PREPARACIÓ DEL TERRENY I PLANTACIÓ	11.776,80	981,40
Mà d'obra	2.884,00	240,33
Maquinària	3.084,00	257,00
Matèries primeres	5.848,80	487,40
2.- CULTIU	33.285,66	2.773,81
Mà d'obra	18.720,00	1.560,00
Maquinària	3.480,00	290,00
Matèries primeres	11.085,66	923,81
3.- RECOL·LECCIÓ	20.544,00	1.712,00
Mà d'obra	14.724,00	1.227,00
Maquinària	5.820,00	485,00
Matèries primeres	0,00	0,00
4.- ALÇAR CULTIU	1.128,00	94,00
Mà d'obra	528,00	44,00
Maquinària	600,00	50,00
Matèries primeres	0,00	0,00
5.- COMERCIALIZACIÓ	12.600,00	1.050,00
Mà d'obra	8.200,00	683,33
Maquinària	0,00	0,00
Matèries primeres	3.400,00	283,33
6.- DESPESES GENERALS	500,00	41,67
TOTAL	79.834,46	6.652,87

En la Taula 2, podem veure desglossats per categories tots els costos tant per naturalesa (Mà d'obra, Maquinària, Matèries Primeres, Altres) com per fases culturals (Plantació, Cultiu, Recol·lecció i Comercialització)

La classificació dels costos que seguirem és la següent:

- Mà d'obra: S'ha considerat el conjunt d'hores necessàries per a la realització de les distintes unitats d'obra des de la preparació inicial del terreny, fins la recol·lecció y comercialització. Les hores consumides en el procés productiu es valoren a 8 €/hora (46,016 €/Ha, 58 % del total)

- Maquinària: S'ha de tenir en compte els temps d'ús de les diferents màquines necessàries en el procés productiu, des de la primera etapa de preparació del terreny fins la recol·lecció i comercialització de la tomaca. Se tindrà en compte el cost horari de mercat dels diferents equips necessaris (12.984 €/Ha, 17 % dels costos totals)
- Matèries Primeres: S'han contemplat les diferents matèries primeres necessàries per a la producció, considerant els costos de les plantes, els fertilitzants, herbicides, fitosanitaris sense oblidar-nos dels subministraments energètics i hídrics. (20.334,46 €/Ha, 25 % del total)

També hem establert altra classificació segons les fases del cultiu:

- Plantació: inclou trasplant i reposició, així como la preparació del terreny y el primer reg. (11.776,80 €/Ha, 15 % de los costos totals)
- Cultiu: Inclou totes les operacions pel creixement de la plantació i obtenció de la collita com són els regs, tractaments fitosanitaris i l'eliminació de les males herbes ja siga per procediments mecànics o químics (33.285 €/Ha, 43% dels costos totals)
- Recol·lecció: Fonamentalment i de forma exclusiva la mà d'obra necessària per a collir les tomaques. (21.672 €/Ha, 26% del total). Aquest capítol es exclusivament mà d'obra.
- Comercialització: esta fase inclou tots els treballs per transportar i vendre la producció als punts de venda cal considerar els envasos, embalatges la mà d'obra, combustible i amortització del vehicle. (12.600 €/Ha, 16 % del total)

En la Figura 1, podeu veure de manera resumida el que s'acaba d'exposar.

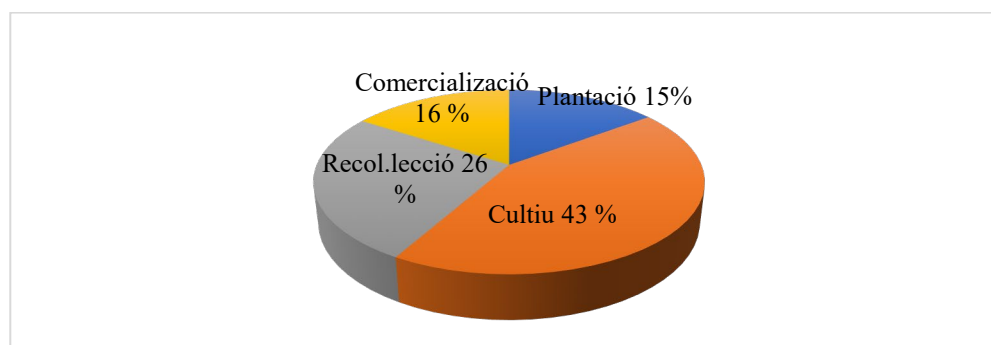


Fig. 1 Distribució dels costos del cultiu de la 'Tomata Valenciana' en hivernacle (Meliana) per fases del cultiu. Varietat 'Masplet'

Per altra banda, cal destacar per la seua importància en la reducció dels costos ocasionada pel canvi a les noves varietats millorades genèticament el corresponent en el capítol del cultiu les despeses corresponents a pesticides i abonat que clarament poden disminuir el seu import. En la present comunicació s'han fet 3 hipòtesis de reducció d'aqueixos costos en un 10%, 20% i 30%. Així mateix també s'adopta tres hipòtesis addicionals en l'augment dels rendiments en la mateixa quantia. Els resultats es presenten en la Taula 3.

Taula 3. Desglossament costos de matèries primeres en la fase de cultiu i Umbral de Rendibilitat per a diferents rendiments en el cultiu

Concepte	Disminució de Costos (%)			
	0%	10%	20%	30%
Pesticides (1)	5.908,80	5.317,32	4.727,04	4.136,16
Abonat (2)	3.552,00	3.196,80	2.841,60	2.486,40
Altres (3)	1.624,20	1.624,20	1.624,20	1.624,20
Total (1)+(2)+(3)	11.085,60	10.379,52	9.433,34	8.487,36
TOTAL COSTOS	79.834,46	79.128,38	78.132,30	77.236,32
UMBRAL DE RENDIBILITAT (€/Kg)				
P=90.000	0,89	0,88	0,87	0,86
P=99.000 (+10%)	0,81	0,80	0,79	0,78
P=108.000 (+20%)	0,74	0,74	0,72	0,72
P=117.000 (+30%)	0,69	0,68	0,67	0,66

En la Taula 3 queden reflexats tant els costos per a les varietats no millorades genèticament (columna 0 %) com en el cas de millora genètica (les altres columnes que reflexen tres hipòtesis de disminució de costos). El cost unitari de producció cap situar-lo en 0,89 €/kg en la situació actual mes desfavorable. En canvi en la situació hipotètica mes favorable (Disminució dels costos en pesticides i abonat i increment de producció del 30 %) el cost unitari seria de 0,66 €, el qual suposa una disminució de mes de un 20% en els costos totals de producció. En una situació intermèdia, el cost mitjà caldria situar-lo en 0,77 €/kg el que suposa una disminució d'un 13 %. Aquesta disminució dels costos pot permetre al llaurador un augment de la rendibilitat de la explotació i una comercialització mes senzilla.

4.2. Tomata Valenciana produïda en cultiu ecològic. Aire lliure

Seguidament a la Taula 4, podem veure desglossats tots els costos per naturalesa (Mà d'obra, Maquinària, Matèries Primes, Altres) i per fases culturals (Plantació, Cultiu, Recolecció i Comercialització) per al cas de 'Tomata Valenciana' produïda en cultiu ecològic al aire lliure.

Taula 4. Costos de producció de tomata valenciana. Varietat Blanca. Producció ecològica. Aire lliure. València. (2023)

ACTIVITAT	COST (€/Ha)	COST (€/fanecada)
1.-PREPARACIÓ DEL TERRENY I PLANTACIÓ	15.441,00	1.286,75
Mà d'obra	5.352,00	446,00
Maquinària	3.165,00	263,75
Matèries primeres	6.924,00	577,00
2.- CULTIU	29.286,16	2.440,51
Mà d'obra	22.176,00	1.848,00
Maquinària	3.480,00	290,00
Matèries primeres	3.630,16	302,51
3.- RECOLECCIÓ I TRANSPORT	18.048,00	1.504,00
Mà d'obra	14.688,00	1.224,00
Maquinària	3.360,00	280,00
Matèries primeres	0,00	0,00
4.- ALÇAR CULTIU	4.532,00	377,66
Mà d'obra	3.632,00	302,67
Maquinària	900,00	75,00
Matèries primeres	0,00	0,00
5.- COMERCIALIZACIÓ	13.248,00	1.104,00
Mà d'obra	4.320,00	360,00
Maquinària	0,00	0,00
Matèries primeres	8.928,00	744,00
6.- DESPESES GENERALS	7.860,00	655,00
TOTAL	88.415,16	7.367,93

La classificació dels costos que establim es la següent:

- Mà d'obra: S'han considerat el conjunt de les hores necessàries per a la realització de les distintes unitats d'obra, des de la preparació inicial del terreny, fins l' entrega a la següent fase de la cadena de valor. Les hores consumides al procés productiu són valorades al cost/hora de la jornada en tasques agrícoles que s'estima en 10 €/hora. (50.496 €/Ha, 57% del total)

- Maquinària: Es consideren els temps necessaris d'ús de la diferent maquinària necessària per al procés productiu, des de les etapes de preparació del terreny, fins la recolecció, contemplant el cost/hora de mercat dels diferents equips necessaris. (10.005 €/Ha, 11 % del total de costos)

*Anàlisi dels costos de producció en la "Tomata Valenciana".
Impacte positiu de la millora genètica vegetal*

- **Materias Primeres:** S'han contemplat les diferents matèries primeres necessàries per a la producció, considerant des dels costos de les plantes, fins els costos de fertilitzants, herbicides, o els consumos energètics i hídrics. (20.054,16 €/Ha, 23 % del total)
- **Costos generals:** S'ha procedit a realitzar una estimació de les diferents partides de costos en les quals es poden incórrer per al funcionament normal en una explotació, contemplant des dels costos d'assegurances, financers, d'infraestructures (por exemple, de reg) o costos d'amortització d'altres actius (vehícles), incloent despeses generals com assessoria, seguretat social, quotes d' agrupació de productors o l' impost de bens immobles, etc. (7860 €/Ha, 9 % del total)

A continuació, es presenta la distribució d'aquests costos en un gràfic de sectors (Figura 2)

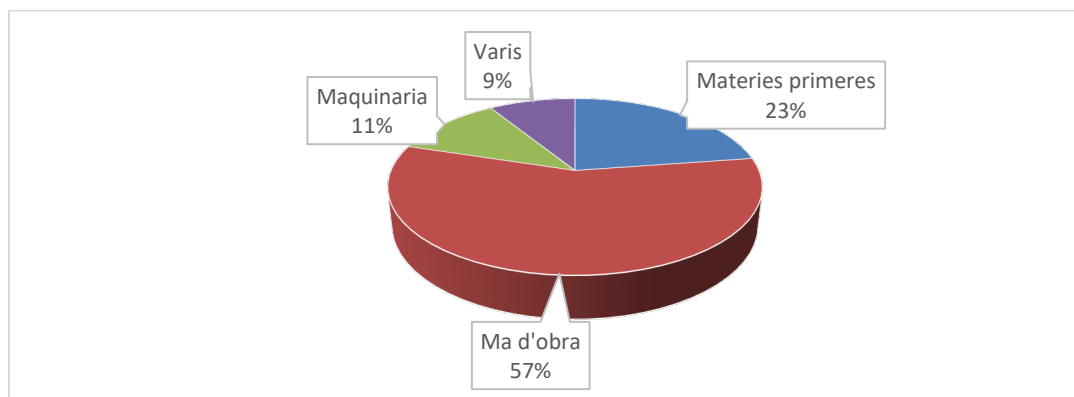


Fig. 2 Distribució de costos per capítol. Tomata Valenciana en cultiu ecològic. Varietat 'Blanca'. Aire lliure. València

També hem establert una altra classificació segons les fases del cultiu

- **Plantació:** inclou trasplantament i reposició, així com la preparació del terreny i el primer reg. (15.441 €/Ha, 19% dels costos totals)
- **Cultiu:** Inclou totes les operacions per al creixement de la plantació i obtenció de la collita com són els regs, tractaments fitosanitaris i la birba física i química (33.818 €/Ha, 42% dels costos totals)
- **Recol·lecció:** Fonamentalment i de manera exclusiva la mà d'obra necessària per a recol·lectar les tomaques. (18.048 €/Ha, 22% del total). Este capítol és exclusivament mà d'obra.
- **Comercialització:** Totes les labors encomanades per a transportar i vendre la producció en els punts de venda incloent el transport. (embalatges i mà d'obra, combustible i amortització vehicle). (13.248 €/Ha, 17% del total)

En la Figura 3, es pot observar de manera resumida allò que s'ha exposat amb anterioritat.

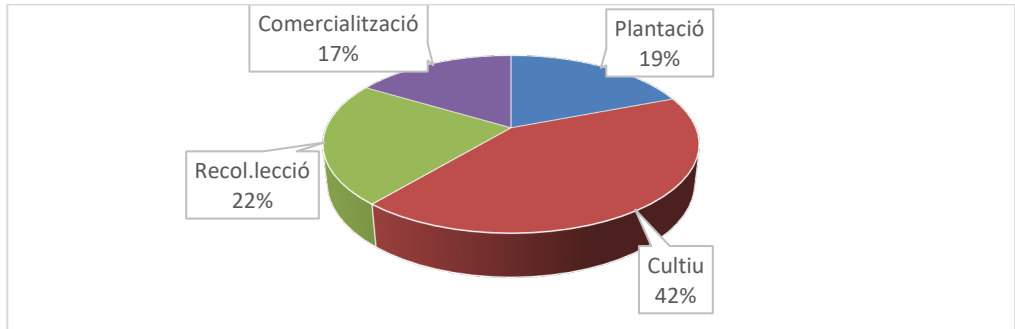


Fig. 3 Distribució dels costos per fases culturals. Tomata Valenciana. Aire lliure. Varietat 'Blanca'. València (2023)

De les dades obtingudes cal destacar l'enorme rellevància que en este cultiu té la mà d'obra en la configuració dels costos totals, importància que es posa encara més de manifest en les tasques de recol·lecció i comercialització. Esta importància és d'esperar que romanga en les orientacions productives que es provaren en 2024, amb els encreuaments genètics per a evitar les virosis. El cost diferencial caldrà situar-lo en els materials i la maquinària que en conjunt suposen un 34% dels costos totals de l'explotació. És d'esperar uns menors costos en biosolarització del terreny i en tractaments fitosanitaris per citar alguns exemples. En quant al cost de maquinària és d'esperar que no siga rellevant i no es veja modificat. Finalment, les fases del cultiu més beneficiades quant a la reducció dels costos de les noves varietats seran la plantació i el cultiu mentre que en els apartats de recol·lecció i comercialització els costos pràcticament romandran constants.

A continuació en les Taules 5 i 6 s'amplien els apartats 1 (Preparació del Terreny i Plantació) i 2 (Cultiu) de la Taula 4, ja que son els costos que mes podrien modificar-se amb les noves varietats.

*Anàlisi dels costos de producció en la "Tomata Valenciana".
Impacte positiu de la millora genètica vegetal*

Taula 5. Preparació del Terreny i Plantació. Desglossament dels costos

ACTIVITAT	COST (€/Ha)	COST(€/fanecada)
Biosolarització	654,00	54,50
Mà d'Obra	132,00	11,00
Maquinària	204,96	17,08
Matèries Primeres	317,04	26,42
Abonat cobertera sòl	824,04	68,67
Mà d'Obra	72,00	6,00
Maquinària	500,04	41,67
Matèries Primeres	252,00	21,00
Plantació	10.370,40	864,20
Mà d'Obra	2.484,00	207,00
Maquinària	960,00	80
Matèries Primeres	6.926,40	577,20
Tasques sòl. Maneig tunelet i	3.264,00	272,00
Mà d'Obra	2.664,00	222,00
Maquinària	600,00	50,00
Materies primeres	0,00	0,00

Taula 6. Cultiu. Desglossament dels costos

ACTIVITAT	COST (€/Ha)	COST (€/fanecada)
Entutorat	7.017,96	584,83
Mà d'obra	4.608,00	384,00
Maquinària	240,00	20,00
Matèries Primeres	2.169,96	180,83
Poda	18.115,12	1.509,59
Mà d'obra	17.280,00	1440,00
Maquinària	0,00	0,00
Matèries Primeres	835,12	69,59
Reg	408,00	34,00
Mà d'obra	0,00	0,00
Maquinària	0,00	0,00
Matèries Primeres	408,00	34,00
Control Fitosanitari	3.745,68	312,14
Mà d'Obra	288,00	24,00
Maquinària	3.240,00	270,00
Matèries Primeres	217,68	18,14

En la taula 5, la majoria dels costos poden ser susceptibles de sofrir modificacions, mentre que en la en la Taula 4 l'únic capítol afectat pels canvis per a les noves varietats serà el Control Fitosanitari, quedant la resta constant. Ací podem establir unes hipòtesis d'augment dels rendiments des d'un 10% fins a un 30% de la mateixa manera que hem fet abans en la orientació productiva cultiu en hivernacle, en aquest cas obviarem la disminució de costos en tractaments fitosanitaris degut a la menor importància relativa d'aquests sobre els costos totals 4,2 % vs 14% en el cas de l'hivernacle. L'umbral de rendibilitat podria millorar fins a 0,86 €/kg en la situació més favorable (increment del rendiment en un 30 %), podria ser de 0,98 davant una millora del 20 %, o 1,11 €/kg quan la millora es de un 10 %. La mitjana cabria situarla en 0,98 el que implica una millora del 20 % en la renda del llaurador.

4.3. Tomata Valenciana hivernacle vs cultiu ecològic (Aire lliure)

A continuació en la Taula 7 es pot observar les diferències en quant a cost de les diferents activitats culturals. Entre parèntesi es pot observar el % sobre els costos totals.

Taula 7. Estructura de costos Tomata Valenciana. Hivernacle vs Aire lliure

ACTIVITAT	HIVERNACLE (€/Ha)	AIRE LLIURE (€/Ha)
PREPARACIO TERRENY	11.776,80 (14,75 %)	15.441,00 (17,46 %)
CULTIU	33.285,66 (41,69 %)	29.286,16 (33,12%)
RECOL·LECCIÓ	20.544,00 (25,73 %)	18.048,00 (20,41 %)
ALÇAR CULTIU	1.128,00 (1,41 %)	4.532,00 (5,12 %)
COMERCIALITZACIO	12.600,00 (15,78 %)	13.248,00 (14,98%)
DESPESES GENERALS	500,00 (0,62 %)	7.860,00 (8,89%)
TOTAL	79.834,46	88.415,16

Es pot observar que l'estructura dels costos en ambos sistemes de cultiu es prou semblant, la diferència més notable la podem trobar en el ítem cultiu, molt més intensiu en hivernacle i en el apartat Alçar Cultiu que resulta més costós aire lliure per la recollida de les canyes que resulta ser més cara que en el hivernacle que funciona amb fils i anelles. Per altra banda hi ha una clara diferència en quan a despeses generals o costos indirectes que caldria atribuir a una diferent gestió empresarial.

5. Conclusions

En ambdues orientacions productives es preveu una baixada dels costos de producció quan s'adopten les varietats millorades genèticament. Aquesta disminució es una miqueta més acusada en el cas del cultiu sota hivernacle que en cultiu a l'aire lliure, ja que en la tomaca d'hivernacle els costos en tractaments fitosanitaris són més quantiosos i quedarien reduïts amb les noves varietats. En tots el casos analitzats i baix totes les hipòtesis utilitzades les noves varietats suposen un important avanç econòmic que el llaurador ha de saber capitalitzar.

6. Agraïments

Aquest estudi forma part del programa AGROALNEXT i està recolzat pel Ministeri de Ciència i Innovació (MICIU) amb finançament de la Unió Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.11) i la Generalitat Valenciana.

Per últim voldriem mostrar el nostre agraïment per la seua inestimable col.laboració als llauradors Francisco Esteve Orts i Julio Quilis Siurana que tan amablement ens han ofert les dades econòmiques per a realitzar aquest treball.

7. Referències bibliogràfiques

ASAJA. 2024. <https://www.asaja.com/>

FAO. 2024. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>

JUNTA DE ANDALUCIA. Observatorio de precios y mercados (2020). Costes de producción de hortalizas de invernadero en Andalucía. Campaña 2019-2020.

Fernández-Zamundio M.A. (2022). Metodología-IVIA: Determinación Costes de Cultivo. *Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició ecològica.*

Fernández-Zamundio, M.A., Caballero, P., de-Miguel, M.D., (2010). Costes de producción del tomate según el tipo de invernadero. *Vida Rural 15 Noviembre 2010*, 40-43.

Aspectos para valorar en la producción de semilla de tomate variedad Valenciano

Aspects to evaluate in the production of Valencian variety tomato seed

Carles Escrivá González

Secció de Certificació Vegetal, Servei de Sanitat Vegetal, D. G. Agricultura, Ramaderia i Pesca, Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. C/ De la democràcia 77, Edifici B3- 2^a planta. 46018 València, escriva_cargon@gva.es.

How to cite: Escrivá, C. 2024. Aspectos para valorar en la producción de semilla de tomate variedad Valenciano. En libro de actas: *II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. València, 30 de maig de 2024. <https://doi.org/10.4995/TOMAVAL2024.2024.18664>

Abstract

The selection of a variety involves characterizing identifying physiological aspects of the fruit for its characterization and for its recognition by the consumer. To do this, it is necessary that in seed production crops or plants with the characteristics desired by the producer are selected to obtain a production that behaves sufficiently homogeneously. If there are no established criteria and different producers select the plants to obtain seeds, it may happen that the characteristics of the fruit differ in their identification. In addition, cultural care must be considered so that, in the event of possible pathologies during cultivation, they are not transmitted by seed. To prevent this from happening, it is advisable to disinfect the seeds to ensure that they are free of inoculum.

Keywords: *enzyme, phenylalanine ammonium lyase (PAL), Brotomax, phytoalexin, polyphenols, elicitor.*

Resumen

La selección de una variedad conlleva caracterizar aspectos fisiológicos identificativos del fruto para su caracterización y sirva para su reconocimiento por el consumidor. Para ello, es necesario que en la producción de semillas se seleccionen cultivos o plantas con las características deseadas por el productor para obtener una producción que se comporte suficientemente homogénea. Si no hay unos criterios establecidos y son diferentes productores los que seleccionan las plantas para la obtener semillas, puede suceder que las características del fruto difieran en su identificación. Además, hay que considerar los cuidados culturales para que, ante posibles patologías durante el cultivo,

estas no se transmitan por semilla. Para que esto no suceda, es conveniente desinfectar las semillas para asegurar que están libres de inóculo.

Palabras clave: *Erosión genética, diversidad genética, distinta, homogénea, estable, heterogeneidad, características fisiológicas, enfermedades transmisibles.*

1. Introducción

La razón principal por la cual muchos pueblos nómadas se hicieron sedentarios se encuentra en uno de los descubrimientos más importantes de la humanidad: la agricultura. Las primeras culturas agrícolas, según los hallazgos arqueológicos, están en el Medio Oriente, donde se desarrollarían las primeras ciudades hace unos 10.000 años lo que llevaría a la aparición de las primeras especies domesticadas de plantas (trigo, cebada, lentejas...) y animales (ovejas, cabras, vacas y cerdos).

El desarrollo de la agricultura ha estado estrechamente vinculado con la selección de los individuos o vegetales que mejor se adaptan a los ecosistemas agrícolas locales para alimentar a la población. Ello ha contribuido en gran medida a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad agrícola mundial. Sobre todo, han contribuido los pequeños agricultores con el cultivo de diversas variedades locales bien adaptadas debido a su valor agronómico o culinario, a su calidad o incluso a valores culturales importantes a nivel local.

Desde hace unas décadas los sistemas alimentarios se caracterizan por la creciente uniformidad de los cultivos y variedades presentes en las explotaciones: se cultivan reducidos grupos de variedades modernas y, simultáneamente, se reducen continuamente los cultivos de variedades locales, que suelen tener mayor diversidad genética y adaptadas a los ecosistemas agrícolas locales de los agricultores. Sin embargo, es evidente que los sistemas de cultivo con una proporción considerable de variedades locales serían más resilientes que los basados en el monocultivo.

A pesar de la erosión genética de estas últimas décadas, la cultura agraria valenciana continúa siendo muy rica en diversidad de cultivos debido a la tarea de selección y cuidado de nuestros agricultores que durante años ha permitido que todavía hoy se conserve mucha diversidad en los campos, aunque esta diversidad continúa estando en peligro de extinción. La publicación del catálogo valenciano de variedades tradicionales de interés agrario ha sido un hito necesario para el conocimiento de las variedades más destacadas, pero no suficiente porque el cultivo y uso de estas hortalizas es lo que realmente importa para que sean conocidas por los consumidores y así demandarlas.

El tomate valenciano es un ejemplo destacable del mantenimiento, uso y comercialización de una variedad que es apreciada por sus características organolépticas pero que también está en peligro por la competencia de variedades modernas más productivas y sobre todo por las

amenazas de enfermedades que podrían ser mortales. La proximidad de la ciudad de Valencia y su cinturón sin duda ejerce un polo de atracción de la demanda del tomate valenciano que hay que aprovechar, aunque para ello la calidad debe ser un estandarte. La reciente denominación de ‘Tomata Valenciana’ marca Calidad CV seguro que puede ayudar a mantener o incrementar explotaciones de pequeños agricultores tan necesarias en nuestro entorno hortícola. Como no, aprovechar la ocasión para felicitar a todos aquellos agricultores e instituciones como el COMAV que lo han hecho posible.

2. Objetivo

El objetivo de esta comunicación es dar unas pautas para la producción de semilla de variedades tradicionales y en concreto de la ‘Tomata Valenciana’. En estas pautas se van a tener en cuenta los factores que pueden incidir de forma más importante en el establecimiento de una planta ción de ‘Tomata Valenciana’ con las máximas garantías fitosanitarias y que posibiliten maximizar la rentabilidad económica del cultivo.

3. Factores a tener en cuenta en la producción de semillas de una variedad tradicional

3.1. Variedad

El concepto de definición de una variedad es moderno. Se estableció en París en 1961, en la convención conocida como Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV), que define a la variedad como una población de plantas mejorada genéticamente para comercialización por parte de un «obtentor» que puede ser el que la desarrolló o el que la descubrió y luego la desarrolló, y que puede ser identificada por sus caracteres al menos genéticos.

En términos modernos se considera “variedad” al conjunto de plantas cultivadas que se distingue de otros conjuntos análogos por determinados caracteres morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos u otros de carácter agronómico o económico y que, en la reproducción sexual o asexual, conserva sus caracteres distintivos

Para ser reconocida como tal, la variedad debe ser distinta, estable y suficientemente homogénea. La variedad es distinta si se diferencia de otras variedades de conocimiento público por uno o más caracteres importantes y poco fluctuantes; es estable si conserva sus caracteres distintivos tras reproducirse o multiplicarse sucesivamente; es homogénea si las plantas que la componen se parecen al conjunto de los caracteres definidores.

3.2. Selección de la variedad

Las variedades tradicionales, también denominadas variedades locales o ecotipos son el conjunto de poblaciones o clones de una especie vegetal adaptadas de forma natural a las condiciones naturales de su región. Se han obtenido como consecuencia de producirse reiteradamente el proceso de selección automática en ambientes específicos. Por lo tanto, han evolucionado bajo determinados climas, características de suelo, mayor o menor disponibilidad de agua, determinadas prácticas culturales y aprovechamientos, y tolerando determinadas plagas y enfermedades. Este proceso tenía lugar cada vez que se sembraban y se guardaban las semillas de unos pocos frutos para su siembra en la siguiente campaña. De esta manera, se estaba dirigiendo la mejora de ese cultivo hacia la obtención de un ecotipo propio.

Para que una variedad tradicional compita con una variedad moderna seleccionada por una productora de semillas tiene que ofrecer unas características organolépticas superiores a lo que pueda ofrecer el mercado convencional. Además, para hacer la rentable la explotación tiene que ser productiva para así poder ofrecerla al consumidor a unos precios asequibles.

Aunque la heterogeneidad de las variedades tradicionales pueda ser un factor de resiliencia a las condiciones medio ambientales, no lo son tanto para la identificación de la variedad por parte del consumidor, además no suelen resistir los ataques de virus y bacterias que en la actualidad están ampliamente diseminados

Con ello, me quiero referir a la necesidad de identificar el tomate variedad “Tomata Valenciana” de otras selecciones locales que pueden ser semejantes, porque es importante proyectar una imagen que los consumidores podamos reconocer. Todos sabemos que hay diferentes selecciones, pero una vez definidas las características fisiológicas del tomate sería necesario realizar cultivos dirigidos a la producción de semillas de manera que se seleccionen aquellas matas cuyos frutos tengan las características buscadas de forma, tamaño, sabor y color principalmente.

Si empleamos semilla suficientemente seleccionada y el mantenimiento de la variedad se efectúa correctamente, las parcelas de producción de semilla presentarán una homogeneidad satisfactoria. No obstante, siempre hay una tendencia a la heterogeneidad que hace que sea necesario realizar depuraciones constantes para eliminar aquellas plantas extrañas o de “fuera de tipo” que pueden proceder de mutaciones, de cruzamientos espontáneos, etc. También es importante eliminar las plantas infectadas por enfermedades transmisibles por semillas.

La depuración de estas plantas no muestra sus características distintivas en todo momento lo que hace necesario proceder a varias depuraciones o visitas de control. La depuración ha de hacerse en equipo, explorando la parcela sistemáticamente en su totalidad y arrancando todas las plantas extrañas.

3.3. Enfermedades transmisibles por semilla en tomate

Como he comentado anteriormente, la sanidad en el cultivo destinado a la producción de semillas es importante porque se pueden contaminar de enfermedades que son transmisibles por semilla. La complejidad surge cuando hay sintomatologías muy parecidas entre enfermedades que hacen necesario, en algunos casos, recurrir a una determinación analítica. Por lo tanto, es importante que desde un primer momento el cultivo tenga las condiciones medioambientales adecuadas para no facilitar el desarrollo de enfermedades y este protegido contra contaminaciones, en algunos casos accidentales, ya que algunas de estas se transmiten mecánicamente, por contacto o injerto. Por ello, es conveniente que algunas operaciones en las que manipulan las matas como la poda o el injerto, utilizar guantes desechables y cambiarlos frecuentemente. La desinfección de herramientas con alcohol o una solución de lejía también es una práctica que se debe hacer con frecuencia para evitar contaminaciones.

Los organismos causantes de estas enfermedades son principalmente bacterias o virus que una vez infectadas las plantas no tienen cura y además suponen un foco de introducción en la explotación afectando al rendimiento y en el caso de utilizar sus semillas puede afectar a su descendencia pudiendo entrar en un ciclo vicioso (Figura 1). Como no se dispone de métodos de control eficaces para combatir estas enfermedades se debe hacer todo lo posible para evitar su introducción en la explotación.

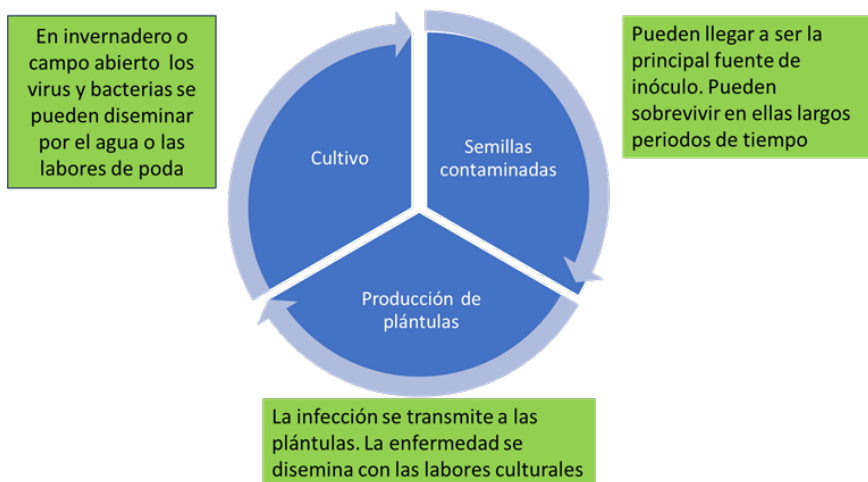


Fig. 1 Afectación de las enfermedades en las diferentes fases del ciclo productivo agrario.

Fuente: INRAE

3.4. Principales enfermedades transmisibles por semillas que podrían afectar al tomate

3.4.1. Bacterias

Clavibacter michiganensis subsp michiganensis

El cancro (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*) (Figura 2) es considerado como la enfermedad bacteriana más severa en los cultivos de tomate a nivel global. Esta bacteria puede causar pérdidas en rendimiento que varían dependiendo del año, ubicación, variedad y etapa fenológica del cultivo.

Las fuentes de inóculo primario son las semillas infectadas y los restos de poda de plantas enfermas. Las infecciones secundarias se dan de planta a planta, principalmente por prácticas culturales incorrectas como no desinfectar las herramientas de poda. Una vez que la infección se establece, el cancro invade los conductos del xilema del hospedero, moviéndose a través de la planta. Aunque las infecciones suceden también en plantas adultas, éstas suelen mantenerse asintomáticas: la pérdida en rendimiento no es significativa cuando las plantas tienen de 18 hojas en adelante. Las plantas asintomáticas pueden ser una fuente de infección para la siguiente temporada de cultivo.



Fig. 2 Síntomas de *Clavibacter michiganensis* en talle y hoja de tomate. Fuente: INRAE

Xanthomonas spp

Las *Xanthomonas spp.* responsables de la sarna bacteriana (Figura 3) son particularmente dañinos para los tomates y más aún para los pimientos. Esta enfermedad está muy extendida en todos los continentes, casi en todos los lugares donde se cultivan los tomates. Es particularmente grave en campo abierto, en zonas tropicales, subtropicales y templadas, donde las condiciones climáticas son cálidas y húmedas. En las regiones templadas, especialmente en Europa, no parece afectar a los cultivos cubiertos, ya sean fríos o calientes.



Fig. 3 Síntomas de *Xanthomonas* spp en hoja y fruto de tomate. Fuente: INRAE

3.4.2. Virus

Tomato mosaic virus (ToMV)

El ToMV (Figura 4) está presente en todos los continentes. Se encuentra con más frecuencia que TMV en tomate y pimiento. Es grave tanto en el campo de cultivo como bajo techo. Si bien su incidencia ha disminuido en gran medida con la propagación de variedades de tomate resistentes, la comercialización reciente de nuevas variedades susceptibles ha demostrado que el ToMV siempre está listo para atacar material vegetal sensible.

Este virus se transmite muy fácil y principalmente por contacto. Un simple contacto de una planta enferma con una planta sana, o a través de las manos de los trabajadores, sus ropas y sus herramientas contaminadas, es suficiente para transmitirlo. También se puede transmitir fácilmente en sistemas hidropónicos de cultivos sin suelo, a través de la solución de nutrientes circulante y, a veces, reciclada.



Fig. 4 Síntomas de ToMV en hojas y fruto de tomate. Fuente: INRAE

Tobacco mosaic virus (TMV)

El virus del mosaico del tabaco, (TMV) (Figura 5), presente en todas las zonas de producción donde se cultivan variedades susceptibles, aparece en el tomate en muchos países. Cabe señalar que, durante mucho tiempo, el TMV se ha asociado a infecciones debido a que el ToMV es un virus similar y mucho más competitivo en el tomate. Por tanto, a menudo surge la duda al consultar la bibliografía sobre la identidad real del virus descrito y las características asociadas al mismo.



Fig. 5 Síntomas de TMV en hojas y fruto de tomate. Fuente: INRAE

Pepino mosaic virus (PepMV)

Este virus (Figura 6), que se transmite rápidamente por contacto pudiendo infectar al menos el 70% de las plantas de tomate en invernadero en aproximadamente 6 semanas en función del genotipo ya que existen varios de ellos, llegando a poder reducir la producción más de un 40%.



Fig. 6 Síntomas de PepMV en fruto de tomate. Fuente: INRAE

Virus del fruto rugoso marrón del tomate (ToBRFV)

Se identificó por primera vez sobre plantas de tomate en Jordania en 2015. Entre los años 2018 y 2021, este virus ha sido detectado en varios países de Europa, entre ellos, España. Desde noviembre de 2019, la Comisión de la UE ha establecido medidas de emergencia para evitar la introducción y la propagación en el territorio de la UE.

El tomate (Figura 7) y el pimiento son los principales huéspedes aunque tiene varios más. En cultivo de tomate los síntomas varían según variedades. En hojas se manifiestan mediante clorosis, mosaico y moteado con estrechamiento de las hojas. En ocasiones aparecen manchas necróticas en pedúnculos, cálices y pecíolos. En fruto, se observan manchas amarillas o marrones y puede presentar deformaciones y tener una maduración irregular.



Fig. 7 Síntomas de ToBRFV en hoja y fruto de tomate. Fuente: INRAE

3.5. La desinfección de semillas para el control de enfermedades transmisibles por semilla en tomate

Las casas comerciales de semillas están en constante desarrollo de variedades híbridas para conseguir tolerancias o resistencias a las enfermedades y casi todas ellas disponen en su catálogo, en mayor o menor grado, de un abanico variedades contra estas enfermedades. En el caso de la producción de variedades locales de tomate todavía no se dispone de esta tecnología, con alguna excepción, por lo que es importante la utilización de semillas de calidad sanitaria irreprochable para minimizar riesgos en la explotación.

La desinfección de las semillas es una práctica que debería tenerse en cuenta cuando existe alguna duda sobre la sanidad de los cultivos de las plantas madre.

A continuación, se describen algunos métodos que, aunque no requieren de mucha tecnología y aparataje es conveniente que esté supervisada por algún técnico u organismo que lo pudiera realizar para que la capacidad de germinación no se vea afectada.

- **Termoterapia:** Se somete a la semilla a 80°C de calor seco durante 24 horas. Si el tratamiento está bien hecho y la semilla es de ese mismo año, la germinación no sufre apenas deterioro.
- **Hipoclorito sódico:** Sumergir la semilla en una solución de hipoclorito sódico del 10%. Pasados 30 minutos, ayudándonos de un colador, debemos lavar la semilla con abundante agua. A continuación la dejamos secar y durante las 24-48 horas siguientes debemos de realizar la siembra ya que a partir de ese momento la germinación desciende progresivamente.
- **Termoterapia combinada con hipoclorito sódico:** Primero realizar la termoterapia. Enfriar bien la semilla fuera de la estufa y realizar el tratamiento con hipoclorito sódico. Para realizar el tratamiento con hipoclorito sódico se deben sumergir las semillas en agitación en una solución de hipoclorito sódico al 1% de cloro activo (25 ml de lejía doméstica y 75 ml de agua) durante 1 minuto, 0,8% de cloro activo (20 ml de lejía doméstica y 80 ml de agua) durante 10 minutos o bien al 0,5% de cloro activo (15 ml de lejía doméstica y 85 ml de agua) durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo y con ayuda de un colador, debemos lavar bien las semillas con abundante agua. A continuación se dejará secar sobre papel de filtro. Durante las 24-48 horas siguientes debemos de realizar la siembra ya que a partir de ese momento la germinación desciende progresivamente.
- **Termoterapia combinada con Fosfato trisódico:** Primero realizar la termoterapia. Enfriar bien la semilla fuera de la estufa y realizar el tratamiento con fosfato trisódico. Para realizar el tratamiento con fosfato trisódico se deben sumergir las semillas en una solución de fosfato trisódico al 10% y dejar en agitación durante 20 minutos. Transcurrido este tiempo y con ayuda de un colador, debemos lavar bien las semillas con abundante agua y secar sobre papel de filtro. A continuación sembrar.

4. Conclusiones

Aunque la marca de Calidad CV sin duda ayudará a la comercialización de la “Tomata Valenciana”, es importante que las características fisiológicas y organolépticas se han reconocibles por el consumidor. Para ello, es necesario que las semillas se hayan seleccionado bajo unos criterios fisiológicos definidos, que se mantengan estables en el tiempo y, además, se

diferencien de otras variedades. La afección de enfermedades en el cultivo pueden no hacer rentable el cultivo, por lo que es necesario partir de semillas libres de enfermedades transmisibles y no sean motivo de bajas producciones o afecciones que supongan un destrío del fruto.

5. Agradecimientos

Agradecer a todos aquellos agricultores y agricultoras que han hecho el esfuerzo durante generaciones para que podamos disfrutar en nuestras mesas de la “tomata Valenciana” a pesar de la competencia de variedades más productivas aunque mucho menos sabrosas.

6. Referencias bibliográficas

F. Besnier Romero. Semillas. Biología y Tecnología.

FAO: Directrices voluntarias para la conservación y utilización sostenible de variedades de los agricultores/variedades locales.

Catálogo de variedades tradicionales. Generalitat Valenciana.

INRAE. Ephytia.inra.fr

Boletín informativo Cajamar. El Huerto. Desinfección de semillas de variedades locales de tomates.